

64

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

(Météorologie, Séismologie, Magnétisme terrestre, Océanographie, Volcanologie, Hydrologie)

Paraissant tous les deux mois

SOMMAIRE

Ciels de la France d'Outre-Mer.
Deux ans d'observations météorologiques à Kouroussa (A.
O. F.).
Trouvaille, au Sénégal, d'un météorographe lancé en Bel-
gique.
La propagation de la composante annuelle à Madagascar.
Variations de température des eaux de la mer de Chine.
Marée de tempête observée à l'île Tubuai (Océanie).
Notes et informations.
Bibliographie.

PARIS V°
LAROSE ÉDITEUR

11, RUE VICTOR-COUSIN

Prix du Numéro: 9 francs

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

LAROSE, Éditeur,

11, RUE VICTOR-COUSIN, PARIS (Ve)

--:-- Téléphone : ODÉON 32-70 --:--

Chèques postaux : Paris 428.81

PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL

(6 numéros),

FRANCE ET COLONIES FRANÇAISES. 50 francs.

ETRANGER 60 francs.

Les abonnements sont payables d'avance à la souscription.

Chaque changement d'adresse
doit être accompagné de 1 franc en timbres-poste.

Prix des collections 1934, 1935 et 1936,
l'une. 60 francs.

Prix du N° isolé de ces collections. 12 francs.

Tous droits de reproduction réservés

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer sont publiées sous les auspices du Conseil de Perfectionnement des Services de Physique du Globe des Colonies, et sous la direction de M. Henry HUBERT, Inspecteur Général honoraire du Service Météorologique Colonial.

Chaque numéro contient des mémoires originaux, une chronique des questions de Physique du Globe intéressant les Colonies françaises et une revue bibliographique.

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer résument les recherches et observations faites par les météorologistes coloniaux et présentées dans les publications locales ; elles abordent en outre soit des études spéciales n'ayant pu trouver place dans ces publications, soit — et cela de préférence — des travaux d'ensemble concernant des groupes ou la totalité de nos territoires extérieurs. Elles se proposent de faire ressortir la variété et la nouveauté des recherches de Physique du Globe entreprises dans nos possessions lointaines et de réaliser une présentation synthétique des questions, considérées dans le cadre très vaste de notre domaine colonial.

Les numéros de l'année 1937 sont publiés à l'aide d'une subvention de la Fondation Loutreuil (Académie des Sciences) et de subventions officielles.

J. AURICOSTE *0

HORLOGER DE LA MARINE DE L'ÉTAT :
DE L'OBSERVATOIRE DU BUREAU DES LONGITUDES
ET DU SERVICE GÉOGRAPHIQUE DE L'ARMÉE

10, Rue La Boétie, PARIS

TÉLÉPH. : ANJOU 25-60



Études
Projets
et
Devis
gratuits
sur demande

Installation
de
Centres Horaires
—
Distribution
d'heure

HORLOGERIE DE HAUTE PRÉCISION

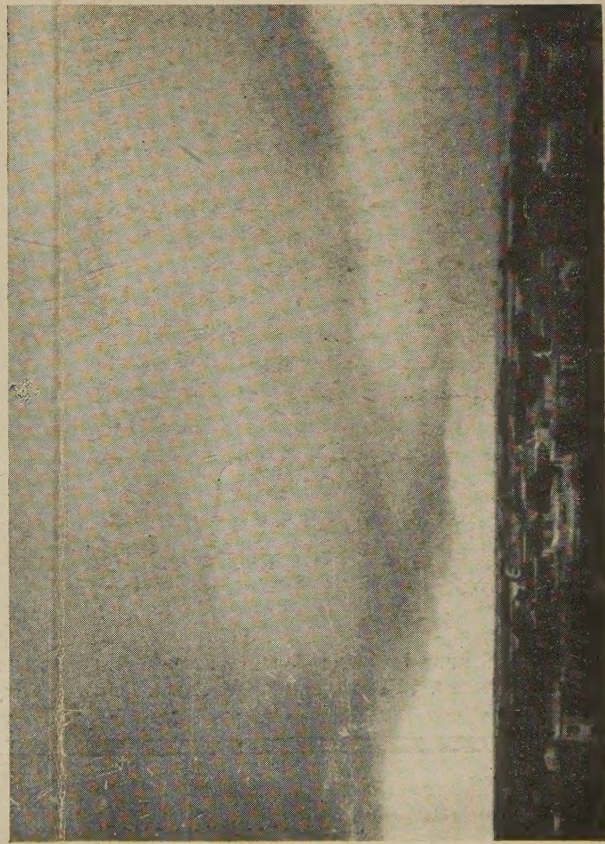
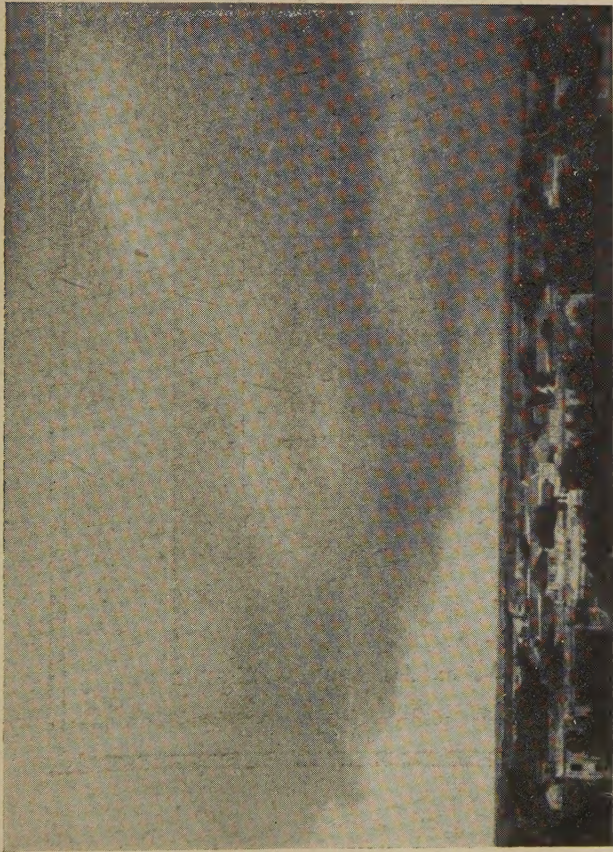
::: PENDULES ASTRONOMIQUES :::

::: CHRONOMETRES DE MARINE :::

CHRONOGRAPHES-COMPTEURS

::: HORLOGERIE ÉLECTRIQUE :::

Construction — Réparations



Clichés de Salles de Hys

Base de cumulonimbus arcus arrivant au-dessus de Dakar

Ces photographies montrent l'aspect du ciel au moment de l'arrivée d'un grain orageux (improprement appelé tornade). A noter l'abaissement progressif du plafond, l'effilochement de la partie inférieure du nuage (fractus), les rouleaux à axe longitudinal et le voile de pluie. Le sens de la progression est Est-Ouest.
Dakar (Sénégal), le 2 septembre 1938, 15^h 30, 15^h 32, 15^h 33 et 15^h 35. Vue vers le Nord

LAROSE, ÉDITEUR

11, Rue Victor-Cousin, PARIS (V^e)

Tous ouvrages relatifs aux Colonies :

OUVRAGES GÉNÉRAUX — HISTOIRE — GÉOGRAPHIE — ETHNOGRAPHIE
LINGUISTIQUE — ADMINISTRATION — QUESTIONS ÉCONOMIQUES
ET SOCIALES — INDUSTRIE — COMMERCE — PRODUCTIONS
SCIENCES — COLLECTIONS COLONIALES — PUBLICATIONS PÉRIODIQUES
CARTES

ENVOI FRANCO SUR DEMANDE DU CATALOGUE GÉNÉRAL

Tous les Appareils de Précision pour MÉTÉOROLOGIE & HYDROLOGIE

Thermomètres de précision
ou étalons. Thermomètres fron-
des. Psychromètres. Hygromè-
tres. Baromètres. Pluviomètres.
Évaporomètres. Débitmètres.
Ajutages de Pitot. Manomètres
divers, etc. etc...

PROLABO

Société pour la fabrication et la vente des produits et appareils de laboratoire RHONE-POULENC. Siège
Social et Ateliers, 12-17-19, rue Pelée. PARIS. Usines à Vitry-sur-Seine.

Deux ans d'observations météorologiques à Kouroussa (1935-1936)

I. — Généralités

Le type de climat étudié à la Station météorologique de Kouroussa, s'étend sur la région formée par les cercles administratifs de Kouroussa, Kankan, Siguiri, Dabola (Haute Guinée).

C'est un climat intermédiaire entre le climat « guinéen » proprement dit et le climat « soudanien ». Suivant les saisons, c'est l'aspect de l'un ou de l'autre de ces climats que l'on observe à Kouroussa.

Ce climat peut être défini par les influences successives de deux vents réguliers : la mousson et l'harmattan. Le premier, qui tient la plus large place et règne pendant tout l'hivernage, entraîne l'établissement d'un régime général assez voisin du régime côtier. Le deuxième, limité à une saison sèche assez courte, entraîne l'établissement d'un régime soudanien tout à fait typique. Entre ces deux saisons, on trouve des périodes de transition au cours desquelles un des vents dominants tend à disparaître et l'autre à s'établir. Ce sont : d'une part, le début de l'hivernage, précédant la grande saison des pluies, et de l'autre la fin d'hivernage, précédant la saison sèche (1).

On serait tenté, si l'on ne tenait compte que de la hauteur d'eau et de la répartition annuelle des pluies, d'assimiler le climat de la Haute Guinée à un climat océanique. En effet, il pleut presque tous les mois, avec sept à huit mois de fortes pluies. Il est évident qu'à ce point de vue il n'y a rien de comparable avec le climat soudanien. Mais si l'on fait intervenir la nature des pluies, on constate que les 3/4 de celles-ci sont du type continental et fournissent plus de la moitié de la hauteur d'eau annuelle (voir plus loin : régime pluviométrique aux périodes de transition).

Donc, malgré une saison des pluies particulièrement étendue, et en dépit d'une influence prépondérante de la mousson, le climat de la Haute Guinée est aux trois quarts continental et seulement océanique pour un quart. Mais sur les trois quarts continentaux,

seul un quart s'apparente d'une façon absolue au climat strictement continental : c'est la saison sèche.

En résumé, il y a quatre saisons distinctes : une continentale type, une océanique type et deux de transition, ces dernières occupant au total — à des époques différentes — plus de la moitié de l'année.

C'est précisément l'existence de ces longues périodes de transition qui est le caractère particulier de ce climat.

De ces deux saisons, c'est le début d'hivernage qui est la plus importante : pendant près de quatre mois, l'harmattan et la mousson sont en conflit dans les couches basses, et c'est au cours de ce conflit que prennent naissance les systèmes types des grains orageux. C'est à ce moment qu'on observe des chutes de grêle, de brusques variations de visibilité, des apparitions de brume, des changements de temps très rapides. Le vent change à toutes les altitudes. Il en est de même du type des nuages, de l'état du ciel, etc.

II. — Pression atmosphérique

La courbe de la variation annuelle de la pression atmosphérique présente deux minima et deux maxima. Le minimum principal se produit au début de la saison des pluies et le maximum principal pendant l'hivernage proprement dit. L'amplitude de la variation annuelle est de l'ordre de 3 mm (2 mm 9 en 1935 et 3 mm 1 en 1936).

Le maximum de la saison sèche, qui devait être le plus important — puisque c'est à cette époque que le soleil est le plus éloigné — est cependant un maximum secondaire. En effet, durant cette saison règne l'harmattan. C'est un vent chaud et sec. La sécheresse de l'air permet une action plus importante de la chaleur solaire. De plus, l'harmattan presque toujours fort le matin, fléchit dans l'après-midi, créant un état atmosphérique favorable à la formation active de courants ascendants et à la baisse barométrique. L'élévation de la pression à cette saison semble être tributaire du pourcentage de l'influence de l'alizé. Lorsque ce vent, qui est rare, comme on le verra plus loin, devient assez stable pendant des périodes plus ou moins longues de janvier et février, la hausse est beaucoup plus importante.

(1) Le début et la fin de la saison des pluies sont des périodes au cours desquelles l'état atmosphérique est totalement différent de celui de la saison des pluies proprement dite. Il est nécessaire d'en faire des études séparées en les qualifiant de périodes de transition, possédant un état atmosphérique particulier. Pour les figures accompagnant cet article, voir pp. 43 à 47.

Le maximum principal se produit durant la grande saison des pluies. La pression reste élevée pendant trois à quatre mois. A ce moment, tout contribue à la hausse barométrique : l'harmattan chaud disparaît complètement des couches basses ; des pluies très abondantes, une humidité et une nébulosité très élevées, empêchent la hausse de la température ; enfin la mousson, vent frais et humide, refroidit constamment l'atmosphère. Et même, en septembre, deuxième passage du soleil au zénith, la pression reste plus élevée que pendant le maximum de la saison sèche.

Les minima de pression se produisent pendant les périodes de transition. La dépression du début de l'hivernage est, de loin, la plus importante. La pression commence à baisser dès le mois de février, au moment où l'influence de l'alizé disparaît complètement. L'harmattan, pendant cette période, faiblit dans les couches basses et même moyennes ; les après-midi sont calmes et la température passe par son maximum annuel. La baisse barométrique est très rapide. Ensuite, dès le mois d'avril, le retour de la mousson entraîne l'apparition des nuages bas, puis des premières pluies abondantes qui refroidissent l'atmosphère. La pression remonte rapidement vers le maximum de l'hivernage.

La fin d'hivernage est marquée également par une nouvelle baisse barométrique. Ce minimum est moins accusé et surtout plus bref que le premier, la saison elle-même étant beaucoup plus courte que le début d'hivernage. Ce minimum dure tant que l'harmattan, au moment de sa réapparition, est encore faible à toutes les altitudes.

Variations diurnes annuelles et mensuelles

L'amplitude de la variation diurne moyenne annuelle varie entre 2 mm 5 et 3 mm. Cette amplitude est d'ailleurs la même au cours des différentes saisons, et c'est simplement la courbe générale annuelle qui subit des translations vers le bas ou vers le haut.

On peut préciser cependant que les amplitudes les plus fortes se produisent pendant les périodes de transition, en raison des grandes oscillations thermiques. Pendant la saison sèche et froide, la température nocturne baisse fortement et empêche un creusement plus prononcé du minimum.

Ce phénomène disparaît au début de la saison des pluies. On observe au cours de cette saison des écarts de plus de 1 mm entre les minima et les maxima de nuit, ainsi que l'amplitude maxima de l'année.

Pendant la saison des pluies, la pression subit une hausse générale, mais les oscillations sont plus faibles, amorties par une humidité atmosphérique très élevée.

Les maxima et minima du matin sont à peine différenciés. Il semble qu'au cours des nuits, il y ait condensation d'air froid dans les couches très voisines du sol, et ceci au détriment des couches plus élevées. Il devrait donc y avoir compensation par une arrivée d'air supérieur. En effet, on observe à cette saison, au cours des nuits, des formations abondantes d'alto-cumulus se déplaçant à grande vitesse dans un vent d'ouest. Ce vent n'existe pas dans l'après-midi. Cette arrivée d'air par en haut entraîne la formation de courants descendants qui viennent renforcer la pression au sol et empêcher la formation du minimum nocturne. Dès le lever du jour, la montée de la pression est très lente. L'amplitude, à cette saison, est souvent, en valeur absolue, inférieure à 2 mm 5.

En fin d'hivernage, on retrouve les mêmes phénomènes qu'au début, mais plus atténués.

III. — Régime des vents

a) VENTS AU SOL

Saison sèche. — Pendant la saison sèche — de décembre à février — le vent dominant au sol est l'harmattan (1). C'est un vent sec et chaud, principalement au cours des après-midi. C'est à cette saison qu'il atteint son maximum d'intensité au sol et peut souffler par rafales de 8 à 10 m/s pendant plusieurs heures consécutives. L'alizé, nettement différencié, est assez rare. Cependant, en décembre et janvier, on peut observer des vents franchement nord (NNE à NNW). D'une façon générale, c'est un vent du NE qu'on observe, et il semble qu'il s'agisse d'une combinaison de l'alizé et de l'harmattan. La composante Nord est d'ailleurs peu stable, et les vents du Nord et du NE tendent constamment à revenir à l'Est, c'est-à-dire dans la direction dominante.

La mousson apparaît en général en février, de préférence au cours des nuits ; mais son action ne dépasse jamais les premières heures de la matinée. On remarque qu'au début de ses apparitions sa composante est nord (NW à NNW). A partir de mars, la direction SW est à peu près la seule observée.

Début d'hivernage. — Le vent au sol se localise de plus en plus dans le secteur SW. C'est un caractère propre au vent au sol, puisque très fréquemment l'altitude de la mousson ne dépasse guère 200 mètres. Cela confirme simplement le fait de la pénétration en coin de la mousson. Il semble qu'au début, elle arrive en biseau très aplati, comprimée entre le sol

(1) On conservera ici les dénominations données par M. H. Hubert aux vents de l'Afrique Occidentale.

et l'harmattan. A mesure que cette saison s'établit, l'élévation de la mousson augmente, et elle se stabilise au sol dans sa direction et sa force.

Néanmoins, jusqu'en avril-mai, les retours de l'harmattan au cours des après-midi sont presque journaliers, et l'influence de ce vent sur l'état atmosphérique au sol ne disparaît que très lentement.

Hivernage. — Au cours de cette saison, la mousson (SW à WSW) est le seul vent dominant au sol. Son intensité augmente, mais ne dépasse pas en moyenne 3 à 4 m/s. L'harmattan n'apparaît plus au sol qu'au moment du passage des perturbations.

Fin d'hivernage. — On retrouve à cette saison les mêmes changements qu'au début d'hivernage, mais avec un processus inverse : l'harmattan réapparaît au sol d'abord au début des après-midi, puis, à mesure qu'il s'intensifie, devient dominant.

b) VENTS EN ALTITUDE

Direction. — Les observations des deux années ont donné des résultats identiques.

Le tableau des directions peut être considéré comme exact entre 0 et 4000 mètres ; ensuite l'imprécision augmente avec l'altitude, puisque la direction des vents est surtout déterminée par l'observation du déplacement des nuages. Or, si les nuages moyens, qui se forment régulièrement entre 4000 et 6000 mètres, donnent une précision assez bonne, il n'en est pas de même des nuages supérieurs qui peuvent évoluer entre 9000 et 14000 mètres. Il est donc assez difficile d'avoir une idée précise sur l'altitude moyenne de la base du courant supérieur d'Ouest.

Saison sèche. — C'est en saison sèche qu'on observe simultanément les cinq grands courants de l'Afrique Occidentale : harmattan, mousson, alizé, contre-alizé, courant supérieur d'Ouest. Les trois premiers sont des vents des couches basses et moyennes.

L'influence de la mousson est très faible. Lorsqu'elle se manifeste c'est en général pendant quelques heures le matin, sans stabilité de direction ni de vitesse. L'humidité qu'elle apporte ne permet pas la formation de systèmes nuageux de pluie, mais tout au plus de petits cumulus en balles qui disparaissent rapidement.

C'est l'harmattan qui domine le climat de cette saison. Dès le mois de décembre il acquiert au maximum ses caractères de vent continental. Il souffle régulièrement entre le sol et 4000 à 5000 mètres. C'est le plus mobile, le plus plastique de tous les vents. Son plafond et sa base se déplacent avec une grande

facilité. Il peut aussi se comprimer en une tranche très mince entre d'autres courants (entre l'alizé et le contre-alizé par exemple).

En altitude, le vent d'Est est limité au contre-alizé. Le passage est indifféremment brusque ou progressif, la rotation se faisant de préférence par le Sud.

Quant à l'alizé, il n'est observé qu'à cette saison. Lorsqu'il souffle individuellement, sa différenciation avec l'harmattan ne permet aucune hésitation. Dans ce cas le passage de l'un à l'autre de ces vents peut former un angle de 90°.

Mais, d'une façon générale, l'alizé n'est jamais nettement différencié. Après deux ans d'observations, il semble qu'on puisse admettre qu'à cette latitude l'alizé n'apparaît que sous forme de filets d'air peu importants (vent atténué dans sa force et ses caractères propres), et qu'il doit être englobé dans l'harmattan qui, lui, prend alors une composante NE.

Deux faits confirment cette hypothèse : a) la composante NE de l'harmattan dépasse rarement 2000 mètres ; or, l'alizé lui-même s'élève rarement au-dessus de cette altitude. Il est donc normal que seule la tranche de l'harmattan dans laquelle s'infiltré l'alizé, subisse un changement de direction. b) Un léger vent du Nord s'établit assez régulièrement, soit au lever du jour, soit vers 20 heures, au moment où la base de l'harmattan se maintient à quelques centaines de mètres au-dessus du sol. On peut donc supposer qu'à ce moment l'alizé se dégage en quelque sorte de l'harmattan pour souffler individuellement sans subir de déviation vers l'Est.

Le vent du NE qu'on observe en saison sèche en Haute Guinée serait donc la *résultante* du vent d'Est (harmattan) et du vent du Nord (alizé). La composante Est domine largement au point d'éliminer souvent l'autre ; mais dès que, pour une raison quelconque, la base du vent d'Est s'élève, le vent des couches basses oblique au Nord.

Le contre-alizé a été mis en évidence par de nombreux sondages. Sa base évolue entre 4000 et 6000 mètres, mais peut descendre à 4000 mètres. La direction de ce courant oscille entre SW et NW, la composante Sud étant en général à la base. Les nuages moyens semblent se former à la limite de l'harmattan et du contre-alizé. Lorsque la base de ce dernier courant est très élevée, la formation des nuages moyens est rare, par contre, lorsqu'elle descend, on peut observer des nappes épaisses d'alto-stratus ou d'alto-cumulus. Il nous a été possible de prévoir de telles formations, lorsqu'un sondage indiquait un abaissement brusque et suffisant de la base du contre-alizé.

Le passage du contre-alizé au courant supérieur

d'Ouest n'apparaît pas en tant que direction ; on observe cependant vers 8000 à 9000 mètres un accroissement important de la vitesse du vent. Cette altitude paraît être celle de la base du courant supérieur d'Ouest à cette saison.

En résumé : en saison sèche, les vents des couches basses et moyennes sont : exceptionnellement la mousson, l'alizé, rarement différencié de l'harmattan, et l'harmattan lui-même. En altitude : le contre-alizé, superposé à l'harmattan, puis le courant supérieur d'Ouest mis en évidence par la direction des cirrus.

Début d'hivernage

C'est la période de transition entre la saison sèche et l'hivernage. C'est la saison la plus complexe de l'année du fait de l'instabilité du régime des vents et des constantes variations atmosphériques qui en résultent. Le conflit entre la mousson et l'harmattan est continu. Ces deux vents se remplacent, dominent, à tour de rôle et, par suite de leurs caractères physiques tout à fait opposés, donnent, à de très courts intervalles, des journées de type différent : sèches et chaudes ou pluvieuses et humides.

Exemple :

1^{er} mars 1935 : harmattan 7 à 8 m/s, tension de la vapeur d'eau à midi : 1 mm, 9.

2 mars 1935 : mousson 4 à 5 m/s, tension de la vapeur d'eau à midi : 10 mm, 5.

Le début d'hivernage commence lorsque la mousson, par ses incursions de plus en plus rapprochées et persistantes, apporte suffisamment d'humidité pour provoquer des chutes de pluies. L'invasion de la mousson est assez lente, et le début d'hivernage présente des conditions atmosphériques différentes entre les premiers jours et la fin.

Il existe une limite d'expansion de l'harmattan au sol vers le sud. Cette limite subit au cours de l'année un mouvement d'aller et retour entre l'équateur et le tropique. Lorsque cette limite se trouve à une certaine latitude, les régions qui s'y trouvent sont marquées par la saison du début d'hivernage.

Le début de cette saison est marqué par des perturbations atmosphériques très violentes (grains orageux). Ces phénomènes se produisent dès que l'action de la mousson est suffisante. Il nous a été possible, au cours de nos deux années d'observations, de déterminer les conditions que devait réaliser ce vent pour donner naissance à des systèmes orageux de pluies. La connaissance du mécanisme de telles formations constitue en même temps une méthode sûre de prévision du temps.

Conditions nécessaires à la formation de systèmes orageux : il faut que la mousson réalise *simultanément* les quatre conditions suivantes : persistance, intensité, altitude (au moins 1000 m) et présence du vent d'Est au-dessus de la mousson.

La réalisation des deux premières crée un apport abondant d'humidité ; celle des deux dernières donne les conditions nécessaires à la condensation.

La direction générale de la mousson est W à SW.

Quant à l'harmattan, il tend de plus en plus, au cours du début d'hivernage, à disparaître des couches basses. Sa base, dès avril et mai, évolue entre 1000 et 1500 mètres, et son plafond, par suite de la disparition du contre-alizé, paraît s'élever au-dessus de 10000 mètres. Sa direction est E à ENE.

En résumé : au début de l'hivernage, trois des courants réguliers disparaissent : l'alizé, le contre-alizé et le courant supérieur d'Ouest, mais ce dernier échappe simplement à l'observation. Il ne reste plus que la mousson et l'harmattan : la première dominant de plus en plus dans les couches basses, le deuxième dans les couches moyennes et supérieures.

Hivernage

C'est la période de la saison des pluies où le climat de la Haute Guinée se rapproche le plus du climat côtier. La mousson domine aussi bien dans les couches moyennes que dans les couches basses. Son plafond peut atteindre 3000 mètres. Elle se renforce à toutes les altitudes. Sa direction est toujours W à SW. La composante Sud est toujours plus marquée au voisinage du sol, ensuite le vent tourne franchement à l'Ouest en s'intensifiant. Il est à noter que la mousson, même en plein hivernage, est toujours plus stable le matin que dans l'après-midi. C'est d'ailleurs un phénomène propre à tous les vents à cette latitude (il n'en est pas de même sur la côte où les vents se renforcent souvent au cours des après-midi).

La base de l'harmattan évolue entre 2000 et 3000 mètres, mais pendant une période relativement courte par rapport à toute la durée de l'hivernage. Dès le début de septembre, elle redescend rapidement à 1500 ou 1000 mètres. Néanmoins, ce rapprochement du sol de l'harmattan semble au contraire renforcer les chutes de pluies par suite des condensations massives qui s'y forment.

Fin d'hivernage

C'est la deuxième saison de transition. Elle est beaucoup plus courte que la première. Le retour de l'harmattan au sol est très brutal, entraînant un

changement rapide de l'état atmosphérique. Puis, il y a simultanément apparition du contre-alizé et inclinaison de l'harmattan au Nord (début novembre). A partir de cette période, la saison sèche est établie.

Vitesse du vent en altitude

Dans les *couches basses*, il y a deux périodes de vents faibles à modérés : ce sont les saisons de transition ; et deux périodes de vent modéré à fort : ce sont la saison sèche et l'hivernage. En saison sèche, le vent fort des couches basses est l'harmattan, en hivernage, c'est la mousson. Ces deux vents sont faibles ou modérés aux époques de transitions.

Dans les *couches moyennes*, l'harmattan se renforce au contraire aux périodes de transition, mais fléchit en saison sèche. Il y a donc un mouvement ascendant et descendant des régions de plus grandes vitesses de ce vent au cours de l'année.

Des observations suivies ont montré que : lorsque l'harmattan est violent dans les couches basses, il perd *toujours* rapidement de la vitesse à partir de 1000 à 1500 mètres, et souffle ensuite en vent modéré. Il ne nous est jamais arrivé d'observer un vent d'Est violent entre 0 et 3000 mètres par exemple. Inversement, d'une façon générale, lorsque l'harmattan est modéré dans les couches basses, il augmente d'intensité dans les couches moyennes. Mais ceci n'est pas une règle absolue comme le premier cas.

Ce qui précède ne concerne que la saison sèche, mais non les saisons de transition où le vent d'Est faiblit et devient instable dans les couches basses.

La mousson, lorsqu'elle atteint les altitudes moyennes, passe par son maximum d'intensité, mais sans jamais dépasser 20 à 30 kms/h en moyenne.

Les sondages qui ont permis d'atteindre le contre-alizé semblent indiquer qu'il s'agit d'un vent modéré ; lorsqu'on rencontre vers 8000 mètres des vents plus forts, on doit déjà être en présence du courant supérieur d'Ouest.

IV. — Température

a) TEMPÉRATURE DE L'AIR

Au point de vue thermique, les quatre saisons de l'année sont nettement différenciées. Il y a un premier minimum pendant la saison sèche et fraîche : la température moyenne est alors de 25° à 26°. Le maximum annuel s'observe au début de la saison des pluies, avec une température moyenne de 30° à 31°. Un deuxième minimum, en général inférieur au pre-

mier, se produit pendant la saison de pluies, avec une moyenne de 24° à 25°. Enfin, un deuxième maximum secondaire pendant la deuxième période de transition, de l'ordre de 26° à 27°.

Le maximum de mars, très prononcé, se produit un peu avant le premier du passage du soleil au zénith. A ce moment, l'action de l'harmattan faiblit dans les couches basses, principalement au cours de l'après-midi, faisant place à des calmes atmosphériques qui peuvent intéresser une épaisseur de près de 2000 mètres. Les premières incursions de la mousson ne modifient pas beaucoup l'état hygrométrique ; la sécheresse et le calme de l'air permettent l'action maxima de la chaleur solaire.

Le minimum de la saison des pluies est, en général, inférieur à celui de la saison sèche. Il semble que si l'action de l'alizé était plus importante, c'est l'inverse qui aurait lieu. Entre juillet et septembre, la température oscille avec une amplitude moyenne de 5° à 10°. Le climat, durant cette période, est le même que celui de la côte.

Le deuxième maximum est beaucoup plus faible que le premier. Après une saison de pluies abondantes, l'humidité atmosphérique et la nébulosité restent élevées jusqu'en novembre, gênant l'action de la chaleur solaire.

Variations diurnes de la température. — Nous avons représenté, à titre d'indication, la courbe de la variation diurne moyenne annuelle. Elle ne donne aucune précision, car elle ne représente que la moyenne de valeurs très opposées. Seul, l'examen des variations diurnes au cours des différents mois de l'année donne des renseignements précis sur l'aspect des différentes saisons.

Si la variation de la température présente une double oscillation au cours de l'année, celle de l'amplitude ne présente qu'une variation simple. En effet, l'amplitude des variations est étroitement liée aux changements de l'humidité atmosphérique. Or, aux saisons de transition cette humidité croît ou décroît progressivement. De sorte que, lorsque la température commence à s'élever (en février) c'est dans l'ensemble, aussi bien pour les maxima que les minima, la hausse de ces derniers étant plus importante. C'est-à-dire qu'il y a simultanément accroissement de température et diminution d'amplitude. En fin d'hivernage, le phénomène est inverse : à mesure que l'humidité décroît lentement, le rayonnement nocturne augmente, les minima baissent et l'amplitude croît. Cela montre bien le passage pro-

gressif, au cours de l'année, du climat continental au climat marin et inversement.

Il est à noter que si ce phénomène existe dans le temps pour un lieu déterminé, il existe aussi dans l'espace. Si on considère un certain mois, avril par exemple, et qu'on observe la variation diurne de la température de ce mois entre Conakry et Gao, on obtient une courbe analogue (passage d'un climat marin à un climat continental).

En saison sèche, l'amplitude peut atteindre et même dépasser 20°. C'est à ce moment qu'on observe les valeurs minima extrêmes. Ces périodes de forte amplitude ne durent guère plus de deux mois, et les premières apparitions de la mousson entraînent aussitôt une élévation des minima, c'est-à-dire une diminution de l'amplitude.

En saison des pluies, l'amplitude diminue en moyenne de plus de la moitié, et conserve une grande stabilité pendant plus de quatre mois, l'humidité très élevée empêchant toute variation brusque.

Les oscillations qui se sont lentement amorties au début de la saison des pluies, recommencent à augmenter à partir d'octobre.

Il faut signaler cependant qu'au cours des saisons de transition l'instabilité des variations de la température est très grande d'une journée à l'autre. Cela tient, comme on l'a vu plus haut, à l'action simultanée de l'harmattan et de la mousson.

Exemple :

17 janvier 1935 : vent d'Est, minimum 13°;

18 janvier 1935 : vent d'Ouest, minimum 21°.

Cette instabilité, à ces saisons, apparaît d'ailleurs dans les variations de presque tous les éléments atmosphériques.

On peut donc dire que les variations de la température, tant en valeurs réelles que pour les amplitudes diurnes dépendent étroitement — en dehors du déplacement du soleil — des caractères physiques des vents dominants des couches inférieures.

b) TEMPÉRATURE DU SOL (surface)

La température du sol est constamment supérieure à celle de l'air. La différence entre les maxima est toujours supérieure à celle qui existe entre les minima. La température du sol, dans sa variation annuelle, n'est pas aussi bien différenciée que celle de l'air, en ce qui concerne les maxima et minima secondaires. Il y a un maximum nettement marqué : celui de mars. Puis un minimum qui se produit en saison des pluies. Ensuite la température du sol remonte en

marquant de nouveau un léger abaissement en décembre et janvier.

L'écart entre la température de l'air et celle du sol peut atteindre dans l'après-midi, au cours des saisons de transition, plus de 15°. Il est rarement supérieur à 5° le matin. Quant aux écarts entre les températures maxima et minima du sol, ils atteignent en moyenne 25° à 30° en février et mars et peuvent être fréquemment supérieurs à 30° en valeurs absolues.

D'une façon générale, on constate que :

1° Les écarts entre les valeurs extrêmes du sol augmentent durant les saisons sèches et chaudes et diminuent pendant la saison des pluies — approximativement du simple au double ;

2° L'écart entre la température du sol et celle de l'air subit les mêmes variations aussi bien pour les minima que pour les maxima.

c) TEMPÉRATURE DU NIGER

La température du Niger a été prise au bord du fleuve à une profondeur de 20 à 30 cms, à 8 et 18 heures. Nous avons établi, pour 1935 et 1936, les courbes de ces valeurs comparées à celles de l'air aux mêmes heures. Les remarques générales sont les suivantes :

le matin, la température de l'eau est toujours supérieure à celle de l'air. Elle ne l'est plus régulièrement au cours des après-midi ;

en saison sèche et au début de la saison des pluies — jusqu'en avril — l'écart est nettement marqué, aussi bien entre les températures du Niger prises à 8 et 18 heures — que comparativement à la température de l'air. Il y a cependant une plus grande différence entre les valeurs de l'après-midi. La température du Niger reste en effet assez basse, jusqu'en février tout au moins, en raison de l'action constante de l'harmattan sec qui provoque une abondante évaporation à la surface de l'eau.

Tous les écarts s'amortissent en saison des pluies. A cette époque, la température de l'eau peut être facilement supérieure à celle de l'air au cours des après-midi, mais sans que cet écart dépasse en moyenne 2° à 3°. Par contre, l'écart entre la température du Niger et celle de l'air augmente au cours des nuits.

C'est aussi en saison des pluies qu'on observe les plus faibles différences de la température de l'eau : 1° à 2° entre 8 et 18 heures, fréquemment quelques dixièmes, et même parfois une température à 18 heures inférieure à celle de 8 heures (ceci est dû aux pluies plus abondantes au cours des après-midi).

V. — Humidité atmosphérique

a) TENSION DE LA VAPEUR D'EAU

La courbe représentant la variation annuelle de la tension de la vapeur d'eau montre nettement la prépondérance de la saison humide. L'humidité absolue croît à partir de mars et décroît à partir d'octobre. Les valeurs figurant sur la courbe ne sont que des moyennes, et si elles reflètent bien l'état atmosphérique général de la saison des pluies, où l'humidité est assez stable, il n'en est pas de même pour la saison sèche et surtout pour les saisons de transition. On observe à ces époques des différences importantes entre les valeurs du jour et de la nuit d'une part et, de l'autre, de brusques variations si la mousson et l'harmattan se succèdent au sol à de courts intervalles.

Nous n'avons eu aucun moyen d'observer la variation diurne de la tension de la vapeur d'eau. Cela serait cependant l'étude la plus intéressante de cet élément atmosphérique. Il semble qu'à toutes les époques de l'année, cette variation se traduise par une courbe simple, avec un maximum situé entre 7 et 8 heures et un minimum correspondant à l'heure du minimum de l'état hygrométrique. Il est à noter, cependant, qu'à la fin de la saison des pluies, lorsque l'harmattan réapparaît au sol dès le matin, il se produit sous l'influence de la chaleur apportée par ce vent une évaporation très abondante du sol ainsi que des végétaux — détremés ou enrichis en eau par une longue saison des pluies. On observe alors une élévation de la tension de la vapeur d'eau à la fin de la matinée et même au début de l'après-midi. Les valeurs à l'observation de 13 heures peuvent être supérieures à celles de l'observation de 8 heures.

b) HUMIDITÉ RELATIVE

La courbe de la variation annuelle est du même type que celle de la variation de la tension de la vapeur d'eau. L'humidité relative commence à croître à partir de mars, dès les premières manifestations de la mousson humide, et elle décroît à partir d'octobre dès le retour de l'harmattan.

Ce n'est que pendant le mois de janvier que l'humidité devient suffisamment basse pour ne plus atteindre la saturation nocturne malgré un abaissement plus important de la température. Au cours de tous les autres mois on observe de la rosée.

De même que pour la température, nous avons insisté sur l'étude des variations diurnes. Les plus fortes amplitudes sont observées en saison sèche. Malgré une humidité absolue assez basse, la tempé-

rature nocturne baisse suffisamment pour qu'il y ait saturation et formation de rosées abondantes et de brouillard — sauf en janvier, mois le plus sec. Dans l'après-midi, les valeurs de l'humidité relative sont très faibles, en particulier en février et mars, où la moyenne des minima est de l'ordre de 20 % (nous avons observé des valeurs absolues de 5 %).

A partir d'avril, il y a hausse simultanée des minima et des maxima, sous l'influence de l'humidité apportée par la mousson. On observe un écart moyen de plus de 15 % entre mars et avril.

L'amplitude faiblit en hivernage. Il y a pratiquement saturation entre 20 heures et 8 heures. Même au cours de la journée, les valeurs moyennes sont de l'ordre de 70 %. La rosée apparaît peu après le coucher du soleil et persiste jusqu'à la fin de la matinée.

Les minima de l'état hygrométrique commencent à baisser à partir d'octobre dès que l'harmattan réapparaît au sol au cours des après-midi.

c) PLUIE. NÉBULOSITÉ

Par son régime pluviométrique, la Haute Guinée occupe une place intermédiaire entre le régime continental soudanien et le régime guinéen côtier.

On observe, en Haute Guinée, des précipitations pendant près de neuf mois de l'année. Comme nous l'avons indiqué au début de cette étude, cela ne veut pas dire qu'on ait affaire à un climat marin. En effet, on ne doit pas uniquement tenir compte de la quantité d'eau tombée : il faut aussi faire intervenir la *nature des pluies*. Or, en Haute Guinée, près des trois quarts des pluies sont continentales et fournissent plus de la moitié de la hauteur d'eau annuelle.

En se plaçant à ce point de vue de la nature des pluies, on peut diviser la saison des pluies en trois périodes bien distinctes : le début d'hivernage, l'hivernage proprement dit et la fin d'hivernage. Pendant les deux périodes de transition, on observe les pluies continentales de l'harmattan, pendant l'hivernage, les pluies océaniques de la mousson. Les premières sont données par des nuages orageux formés par détente verticale. Les deuxièmes, en général non orageuses, proviennent de nuages formés par détente horizontale.

Saison sèche. — A cette saison les pluies sont exceptionnelles. Les nuages bas sont rares, le climat étant soumis à un vent continental chaud et sec : l'harmattan. Une incursion assez durable de la mousson peut entraîner des formations orageuses. Mais, d'une façon générale, elle n'amène que l'apparition de cumulus bourgeonnants de beau temps, pouvant

donner quelques averses s'ils sont suffisamment développés.

Début d'hivernage. — C'est la saison des orages et des grains orageux. Le caractère des pluies du type continental, très net au début, s'atténue à mesure qu'on s'approche de l'hivernage proprement dit.

A cette saison les apparitions de la mousson deviennent de plus en plus fréquentes, et ce vent acquiert des caractères d'intensité, de persistance et d'élévation suffisants pour amener la formation de systèmes orageux de plus en plus importants.

La condensation se fait par détente dans le vent d'Est qui surmonte la mousson à partir de 1000 à 1500 mètres. Les courants ascendants, particulièrement actifs à cette époque de l'année, entraînent la vapeur d'eau qui pénètre brusquement dans l'harmattan sec et s'y détend avec rapidité. On observe alors la formation sur place de cumulus orageux qui s'amplifient sur place rapidement, et évoluent en système orageux (cumulonimbus).

Tout au début de la saison des pluies cette transformation des cumulus d'orage en cumulonimbus semble dépendre de l'altitude de la base du contre-alizé. Si la base est assez basse (4000 m), l'enclume, en pénétrant dans ce vent contraire, est entraînée et, soit se résorbe, soit évolue en un voile épais de cirro-stratus qui se détache du système. Si c'est le sommet d'un cumulus qui y pénètre, on peut voir se former des plages d'altocumulus ou de cirrocumulus. Par contre, en fin d'après-midi, la base du contre-alizé paraît s'élever régulièrement — fait mis en évidence par plusieurs sondages — et la formation de cumulo-nimbus est fréquente.

La direction générale des orages et grains orageux est E à NE. Les directions ESE et SE sont exceptionnelles.

Hivernage proprement dit. — La présence de l'harmattan au-dessus de la mousson n'est plus nécessaire à la condensation. La base de l'harmattan est d'ailleurs rejetée à plus de 3000 mètres. La mousson est de plus en plus humide dans les couches basses, et il y a pratiquement saturation pendant près de 12 heures. Dès le lever du jour, la vapeur d'eau, entraînée par l'air ascendant, se condense dans les couches voisines du sol par simple refroidissement et donne des nappes épaisses de stratus ou de stratocumulus, pouvant évoluer en nimbus. On peut alors observer le matin des pluies très fines analogues au crachin des régions tempérées. Le soir, il suffit d'une baisse de température pour qu'il se forme des condensations nouvelles, mais beaucoup plus abondantes ; des pluies

persistantes, torrentielles, mais rarement orageuses, tombent au cours des nuits. C'est le type des pluies de climat marin, le même qu'on observe le long des côtes de Guinée.

Fin d'hivernage. — On observe les mêmes pluies qu'au début, mais avec une évolution inverse vers le régime continental.

VI. — Visibilité

Saison sèche. — C'est en saison sèche qu'on observe la plus mauvaise visibilité, ainsi que des variations brusques. La visibilité diminue fortement dès l'apparition du vent d'Est sec. Ce vent, par lui-même, est riche en poussières et, par ailleurs, les courants ascendants, très actifs dans les après-midi, entraînent et maintiennent ces poussières en altitude.

Un important élément de trouble est constitué par les vastes feux de brousse, très fréquents à cette époque de l'année. A partir de janvier, de très sérieuses diminutions de la visibilité sont uniquement dues à cette cause. Cette aggravation n'atteint pas seulement la visibilité horizontale, mais aussi la visibilité verticale. Les perturbations qui en résultent devraient être signalées dans les messages pour la protection aérienne, ceci d'autant plus que ce phénomène est en général brusque. Au cours des nuits, la fumée reste plaquée au sol, mais dès le lever du jour, elle est entraînée rapidement par les courants descendants et s'étale dans le vent d'Est à une altitude paraissant être de 1000 mètres environ, rendant ainsi fréquemment impossible l'observation des nuages moyens et supérieurs.

Il y a, d'une façon générale, en saison sèche, juxtaposition de plusieurs phénomènes. Au lever du jour, on observe des brouillards bas très denses. Dès que la température s'élève et qu'on s'éloigne du point de saturation, le brouillard se dissipe, mais la visibilité reste encore mauvaise par suite d'une brume humide blanchâtre. C'est seulement peu à peu que l'atmosphère s'éclaircit, mais une brume sèche grisâtre ne cesse de persister. Peu de temps avant le coucher du soleil, dès que l'humidité relative augmente, la brume se renforce à nouveau.

Un autre fait observé en saison sèche est le suivant : les vents du secteur Nord (alizés) entraînent en général une amélioration de la visibilité. Ce n'est pas une règle absolue, car les poussières apportées par le vent d'Est sont très abondantes, et une brève apparition des vents du Nord peut être sans effet. Mais il est certain que cette apparition ne diminue

jamais la visibilité, mais l'améliore presque toujours si elle est d'assez longue durée.

A cette saison, la visibilité est en moyenne de 2 kms à l'observation de 8 heures, c'est-à-dire au lever du jour, et ne dépasse guère 10 kms dans la journée.

Début d'hivernage et hivernage. — La brume sèche commence à disparaître au début de la saison des pluies. Le brouillard ne persiste plus à cette époque que sous forme de plages le long du fleuve, sur les rizières inondées et sur le flanc des montagnes. Mais ces formations sont trop réduites pour présenter un danger pour la navigation aérienne. Elles disparaissent d'ailleurs très rapidement dès le début de la matinée. Dans la journée la visibilité est bonne pendant toute la durée de la saison des pluies ; on observe simplement, et assez rarement, une brume humide assez légère, rendant simplement imprécise la ligne d'horizon.

A cette saison, la visibilité moyenne est de 20 à 30 kms à toute heure du jour, et peut être fréquemment supérieure à 40 kms.

Fin d'hivernage. — Dès l'apparition des vents d'Est (octobre) dans les couches voisines du sol, la brume sèche réapparaît et la visibilité diminue rapidement. La direction générale de la brume sèche est du secteur Est. Un vent contraire ou un vent du Nord tend à la dissiper.

VII. — Crue du Niger

Nous avons observé la crue du Niger au cours de l'année 1935. Au-dessous de 357 mètres (1), les mesures n'ont pas été possibles, la partie inférieure de l'échelle ayant été détériorée et ensablée.

La grosse crue commence en juin. A fin juillet, on observe déjà une dénivellation de 3 mètres. Le fléchissement observé en août (voir graphique) semble être uniquement dû à un déficit exceptionnel de la hauteur d'eau au cours de ce mois. Le fleuve monte jusqu'aux premiers jours d'octobre et atteint alors 361 mètres, ce qui fait apparaître un écart de 4 mètres depuis juin. La décrue est rapide et le fleuve redescend en deux mois à 357 mètres. La baisse continue jusqu'en mars et, bien qu'aucune observation précise n'ait pu être faite, il semble que le fleuve descende encore de 2 mètres, ce qui constitue au total un écart moyen annuel de 6 mètres. Il nous a été signalé qu'au cours de certaines années exceptionnelles, le fleuve a atteint près de 363 mètres.

Le fleuve commence à monter lentement en avril

dès les premières pluies orageuses, mais ce n'est qu'à partir de juillet que la crue devient rapide. Nous avons constaté au début de l'hivernage, après de très fortes pluies, des montées de plus d'un mètre en 48 heures, suivies en général, de baisses momentanées.

D'une façon générale, le fleuve monte de 20 à 30 cms par 24 heures au début de l'hivernage et de 30 à 40 cms en hivernage proprement dit. La décrue est plus rapide et atteint en moyenne 50 à 60 cms par 24 heures.

VIII. — Renseignements complémentaires sur les courants aériens

(Navigation aérienne)

Il paraît utile de dégager de cette étude ce qui peut être strictement utile à la navigation aérienne.

Saison sèche. — Vent dominant entre 0 et 4000 mètres : Est. Sa force moyenne est de 25 à 30 kms/h. Lorsque ce vent est violent dans les couches voisines du sol, il est exceptionnel qu'il conserve son intensité en altitude. On peut être à peu près certain de trouver un vent modéré vers 1500 mètres.

Le calme matinal — jusqu'à 9 heures du matin environ — n'intéresse qu'une couche de 200 à 300 mètres au plus. On tombe ensuite dans un vent d'Est pouvant atteindre des vitesses de 50 kms/h à moins de 1000 mètres. Lorsque le vent est du NE dans les couches basses, il tourne franchement à l'Est après 1000 mètres.

Une apparition du vent d'Ouest à cette saison est, en général, limitée à la matinée. Le plafond est rarement supérieur à 1000 mètres, et on retrouve le vent d'Est immédiatement au-dessus. Dans ce cas, le passage du vent inférieur au vent supérieur peut se faire sur moins de 100 mètres, les vitesses des deux vents aux limites restant assez élevées (20 à 30 kms/h). On peut s'attendre à trouver à cette limite une zone de forte turbulence. Il est d'ailleurs certain que de telles zones de turbulence existent lorsque le vent d'Est augmente ou diminue brusquement d'intensité à une certaine altitude. On observe fréquemment un vent d'Est de plus de 50 kms/h à 1000 mètres par exemple et de 10 kms/h à 1000 mètres.

Les rafales de vent semblent se manifester jusqu'à 1000 à 1500 m au plus ; au-dessus le vent devient plus régulier. A cette saison, la base des nuages moyens n'est jamais inférieure à 4000 mètres.

Début de la saison des pluies. — Le vent d'Ouest devient plus fréquent et peut souffler pendant des journées entières. Son plafond dépasse alors facilement 1000 et même 1500 mètres. Son intensité croît

(1) Les chiffres représentent les hauteurs d'eau du fleuve au-dessus du niveau de la mer.

et peut dépasser 30 kms/h dans sa tranche moyenne.

Au-dessus du vent d'Ouest souffle toujours le vent d'Est ; le passage entre les deux courants est toujours rapide.

Le vent d'Est, à cette saison, commence à faiblir à toutes les altitudes. Les fortes vitesses sont exceptionnelles et généralement limitées à une tranche très voisine du sol.

Les nuages bas peuvent se former à la limite des deux courants, mais seulement en fin de matinée ou dans l'après-midi. Le plafond de navigation est rarement inférieur à 1000 mètres.

C'est la saison des grains orageux violents, mais il s'agit *toujours* de perturbations nocturnes ou de fin d'après-midi. Il n'y a jamais au début de la saison des pluies de perturbations matinales.

Saison des pluies. — La mousson d'W à SW domine entre 0 et 2000 à 3000 mètres. Mais son plafond est très mobile et peut facilement descendre à moins de 1000 mètres. Le vent d'Est persiste au-dessus de la mousson. La vitesse de ce dernier vent dépasse rarement 30 kms/h. La base des nuages bas s'abaisse et peut être facilement inférieure à 600 à 700 mètres (nimbus, stratocumulus) dans l'après-midi. Des formations de stratus sont fréquentes au cours des ma-

tinées. Au lever du jour on observe fréquemment un ciel pur. Il peut se former une heure plus tard une couche de stratus dont la base ne dépasse pas 150 mètres. Cette couche persiste jusqu'au milieu de la matinée, à quel moment elle se fractionne pour former de petits cumulus ascendants. L'épaisseur d'une telle couche de stratus ne semble pas être supérieure à 200 à 300 mètres, et elle n'est doublée d'aucun autre système de nuages bas.

Fin d'hivernage. — Dès la fin de la saison des pluies (octobre), on retrouve les mêmes conditions qu'au début de cette saison : abaissement du plafond de la mousson et apparitions de plus en plus fréquentes du vent d'Est au sol. Lorsque ce vent réapparaît dans les couches basses, on peut être certain de le trouver jusqu'à 4000 mètres au moins. Son intensité se renforce à partir de ce moment.

En toute saison, le vent d'Est seul entraîne des diminutions de visibilité.

Il est à noter que, pendant les saisons de transition, on trouve fréquemment des vents de secteur Sud. Mais ces vents sont peu intenses, en général assez instables, et s'observent rarement deux jours de suite.

A. FOISSY,

Assistant météorologiste des Colonies.

Trouvaille, au Sénégal, d'un météorographe lancé en Belgique

Le 28 décembre 1938, un indigène trouvait dans le cercle de Thiès, au Sénégal, un météorographe belge, portant le millésime de 1936. Cet appareil avait été lancé, à une date qui reste actuellement inconnue, à l'Institut royal météorologique de Belgique.

Cette découverte pose un problème intéressant : celui de la route suivie de Bruxelles à Thiès par le ballon porteur du météorographe. Les hypothèses qu'on peut faire à ce sujet sont variées. Celle de la route directe est assez improbable. Les plus simples impliquent que le ballon, après s'être élevé plus ou moins haut, a effectué la plus grande partie de son parcours à une altitude moyenne — moins de 6.000 mètres par exemple. On peut imaginer alors le trajet suivant, en laissant aux lecteurs des *Annales* le soin de suggérer une solution plus vraisemblable.

Le ballon serait parti de Bruxelles en hiver ou au printemps. Dès le départ, il se serait élevé dans le vent d'Ouest qui l'aurait entraîné, par dessus l'Eu-

rope Centrale jusqu'au voisinage de la Caspienne — ou plus loin encore. De là, il aurait été ramené sur l'Arabie par les vents de Nord-Est issus de l'anticyclone asiatique. De l'Arabie à Thiès il aurait été véhiculé par le courant équatorial (Ce).

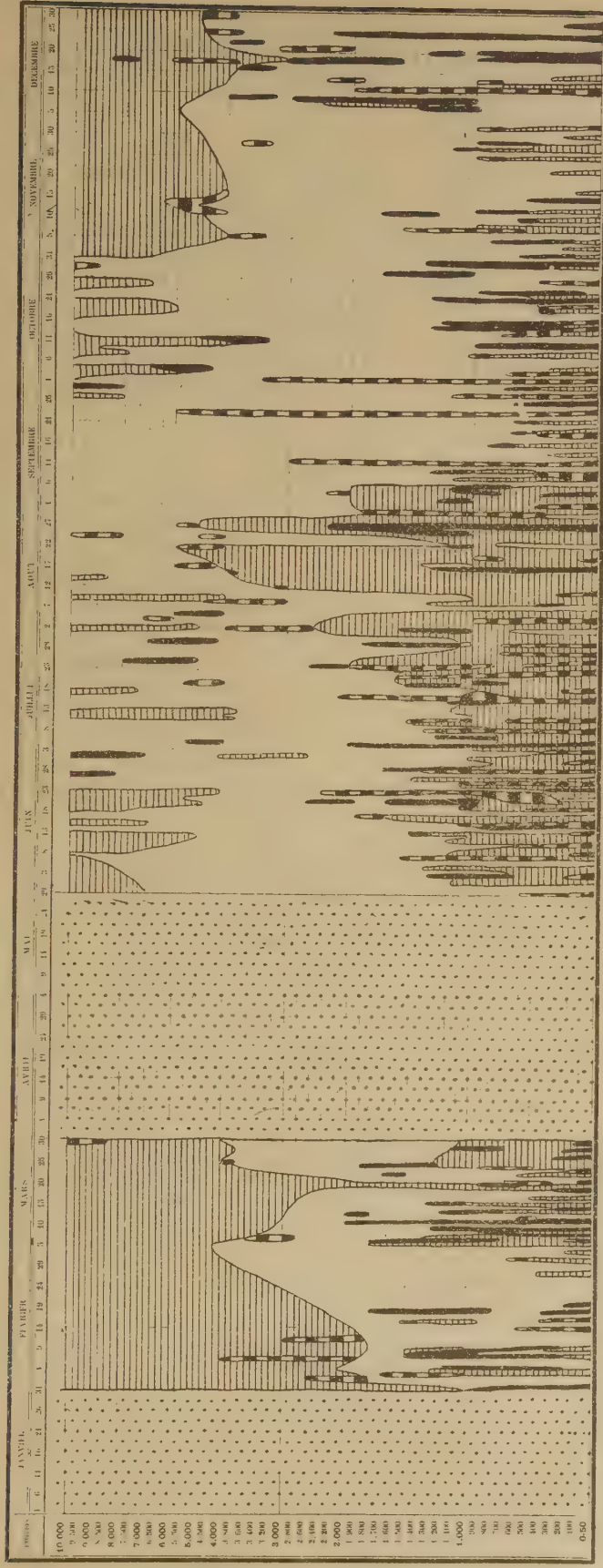
La longueur totale de ce trajet serait de l'ordre de 15.000 kilomètres et sa durée aurait pu être d'une quinzaine de jours.

Il est bien entendu que tout cela suppose des variations d'altitude du ballon, qui devaient être lentes, et des variations d'altitude des courants aériens, qui pouvaient être rapides.

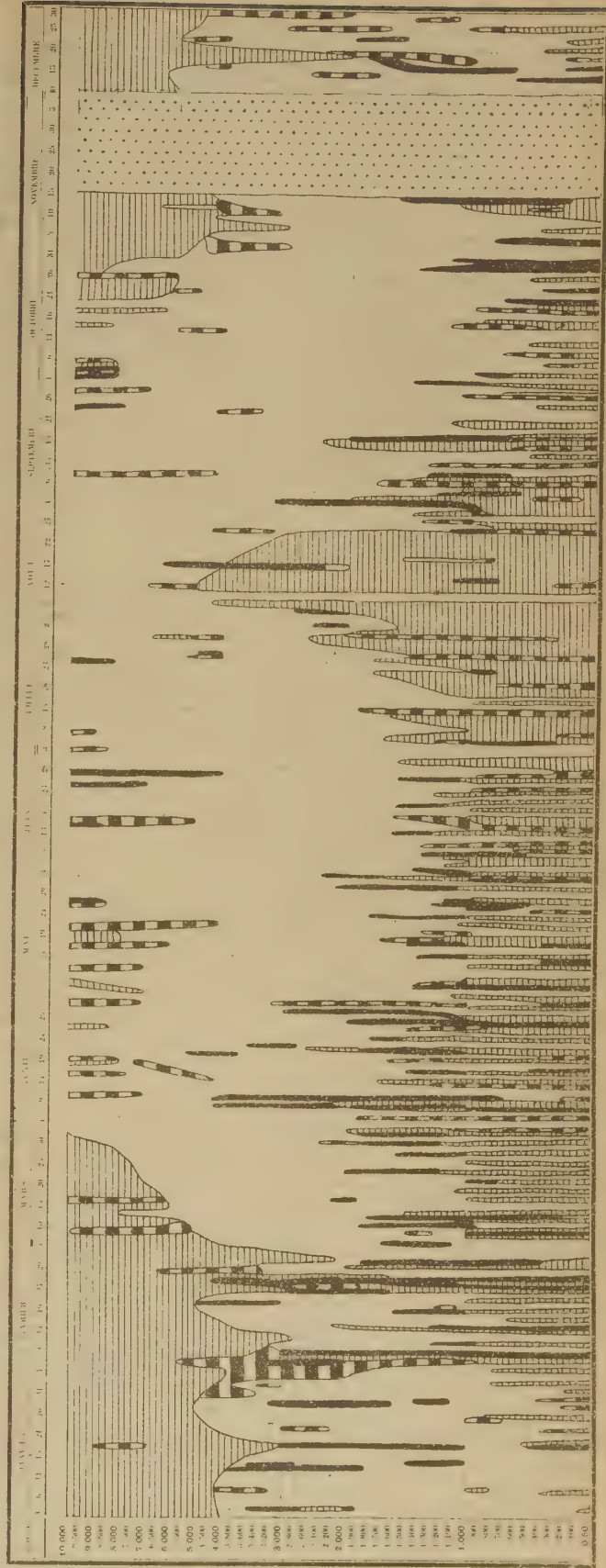
Il s'agit en tout cas d'une performance très honorable pour l'enveloppe du ballon, soumise à des alternatives sévères d'échauffement et de refroidissement, et à des variations notables d'état hygrométrique.

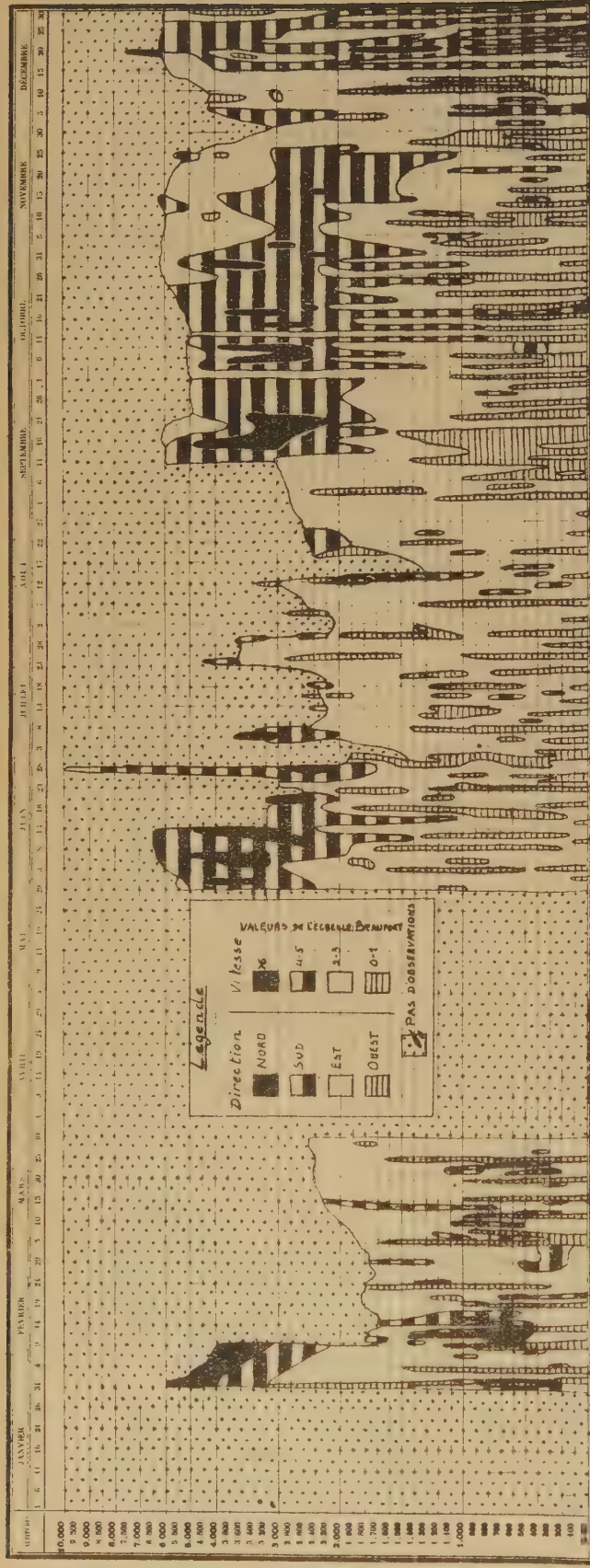
A quand les *bouteilles flottantes* de l'atmosphère permettant aux météorologistes de tracer sur les cartes saisonnières des courants aériens ?

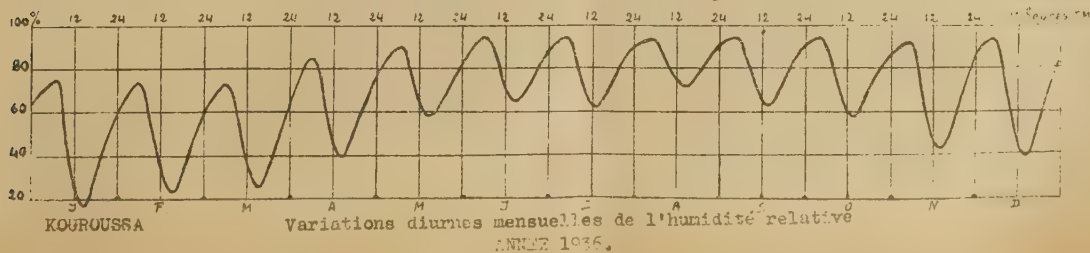
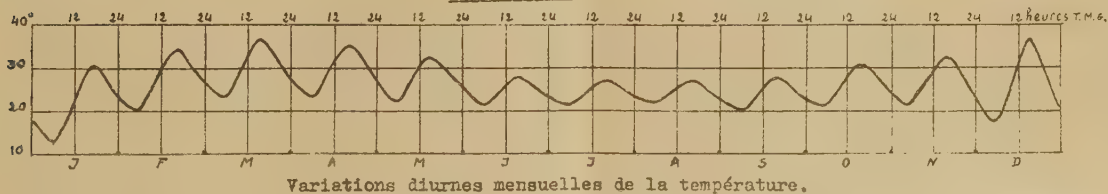
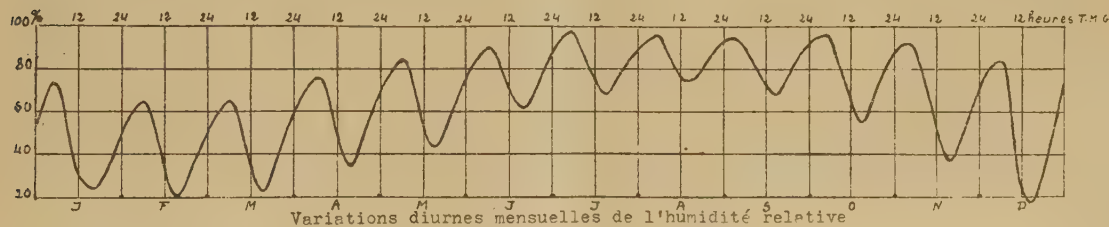
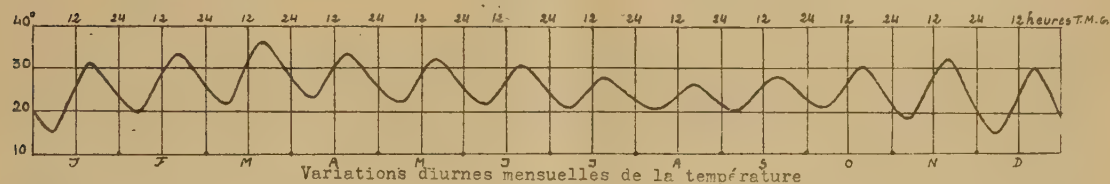
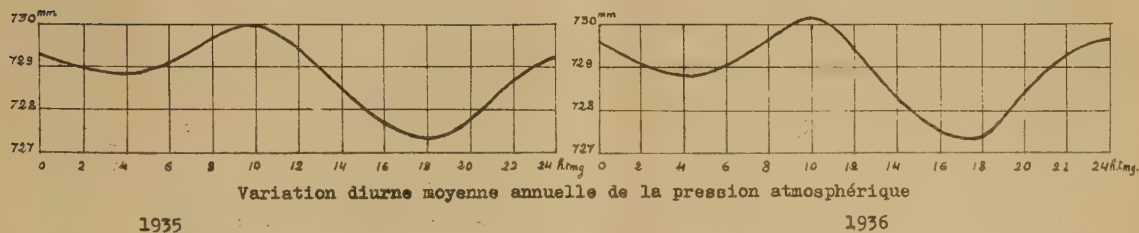
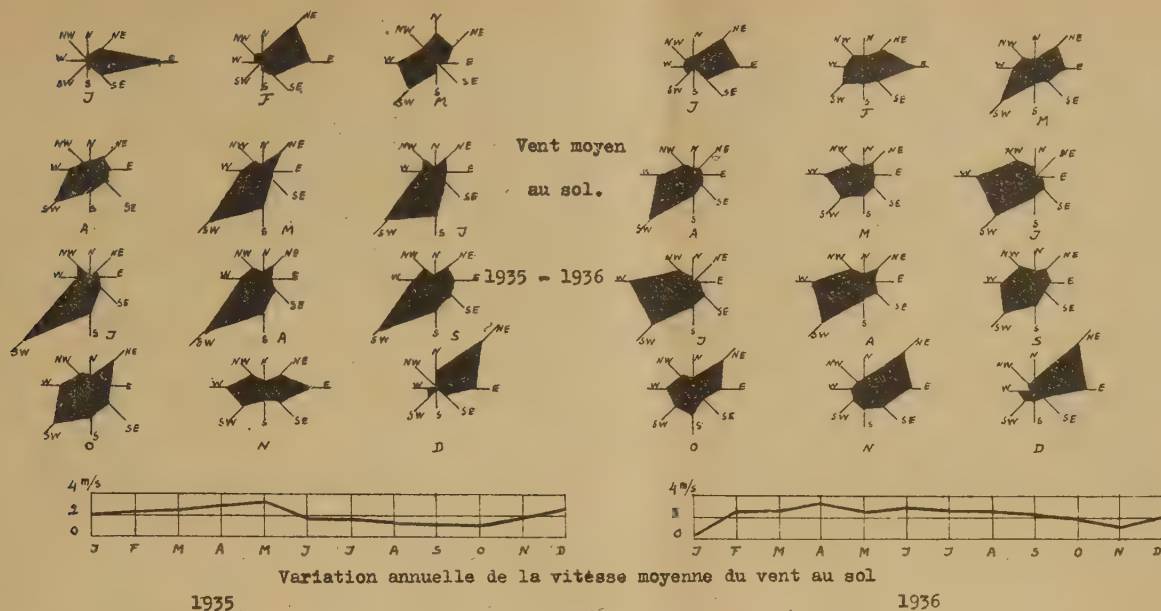
H. H.

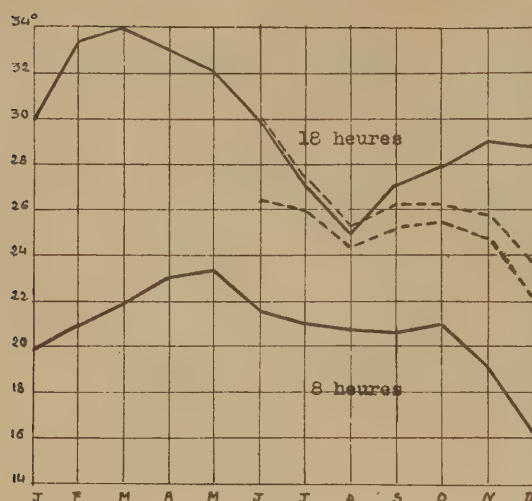


KOUROUSSA - Direction du vent en altitude-Année 1935

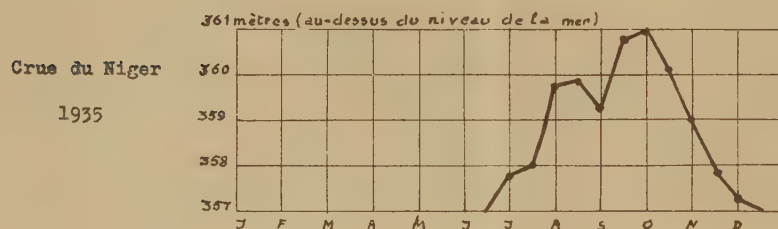
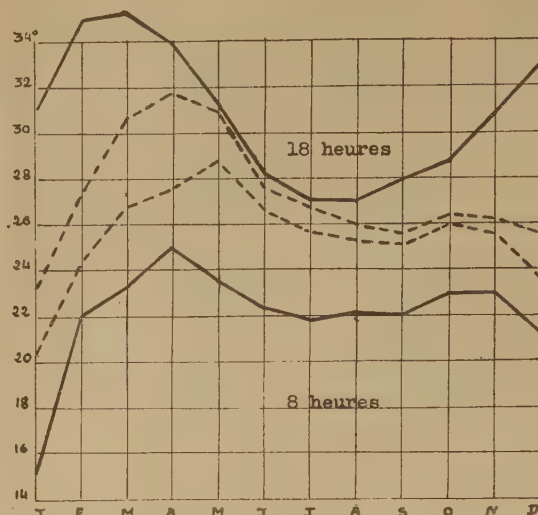






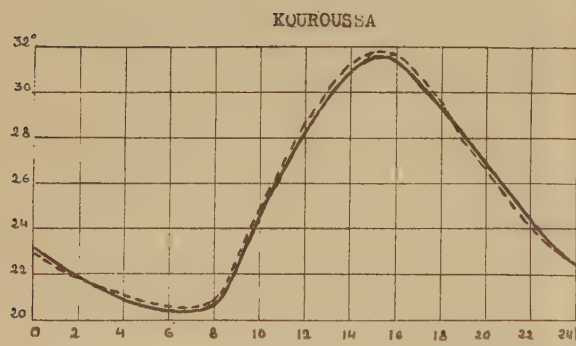


Températures comparatives de l'air et du Niger à 8 et 18 heures
1935 — air — Niger

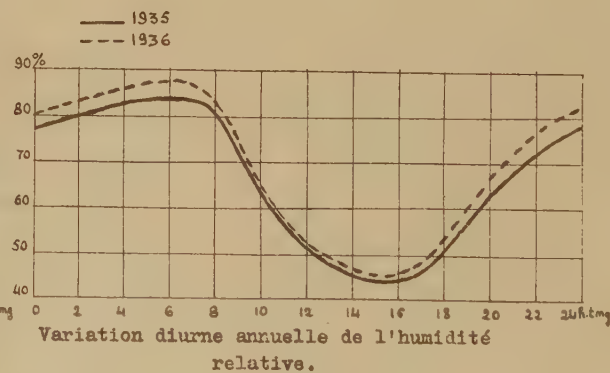


Crue du Niger

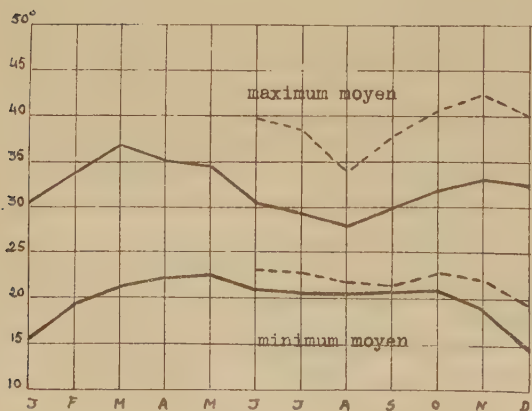
1935



Variation diurne annuelle de la température

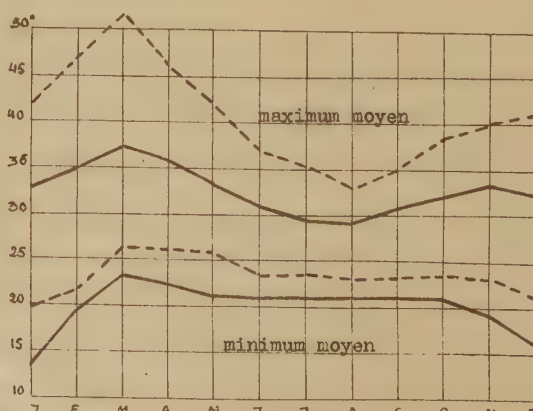


Variation diurne annuelle de l'humidité relative.



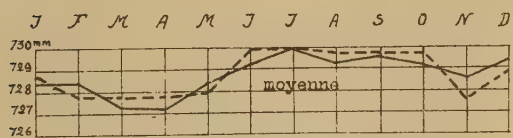
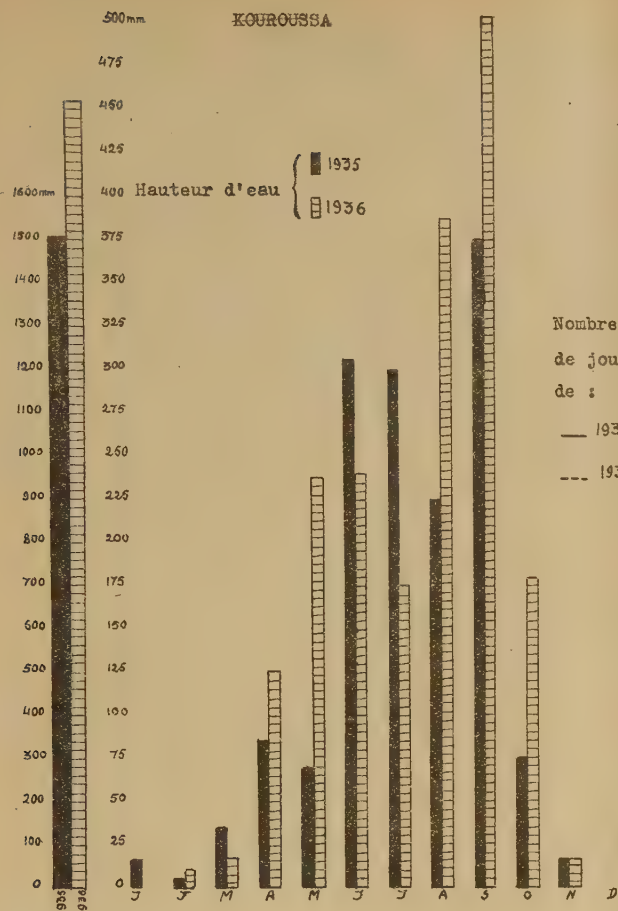
1935

— air — sol

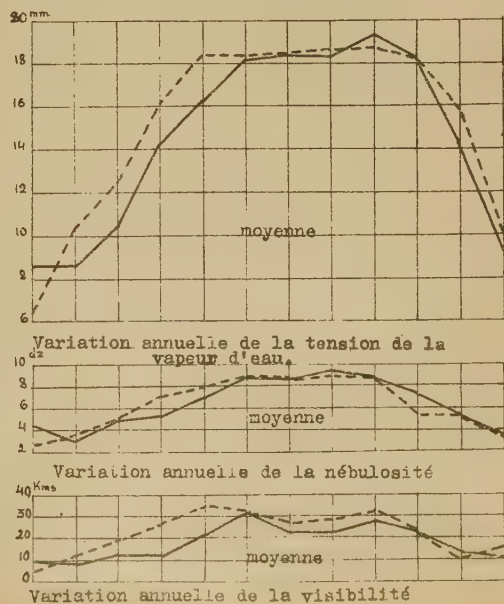
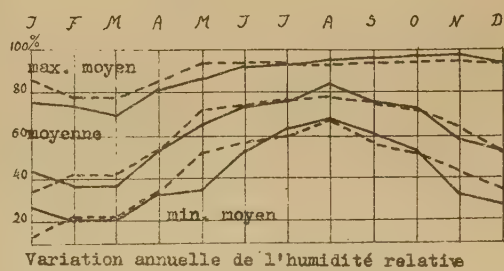
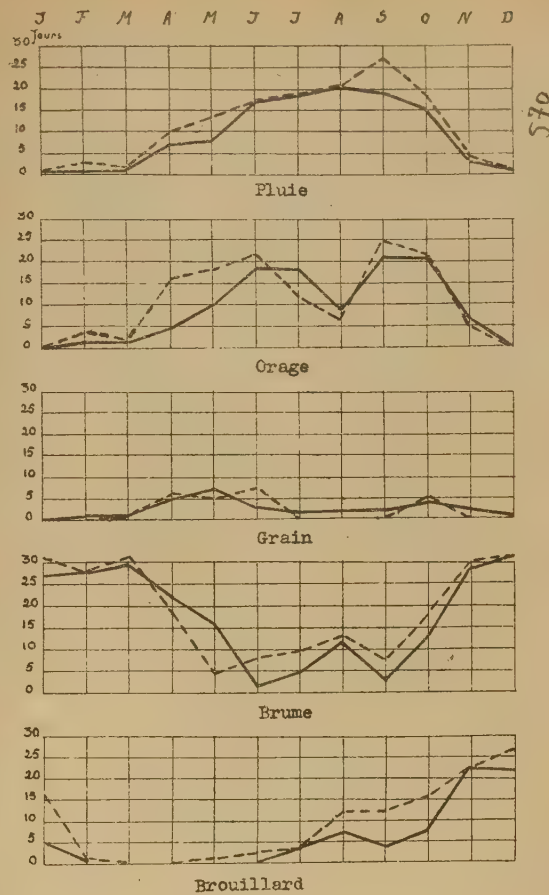
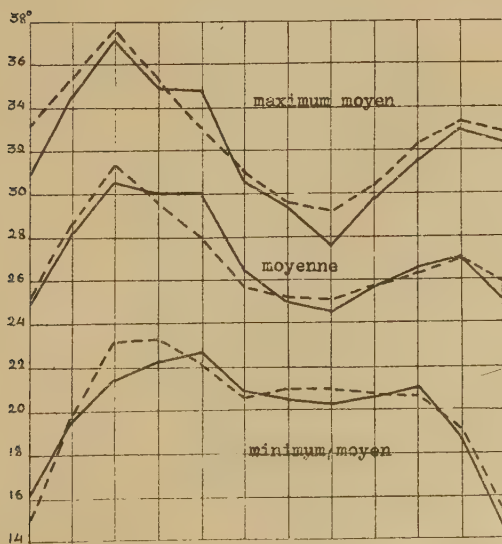


1936

Température maxima et minima de l'air et du sol



J F M A M J J A S O N D



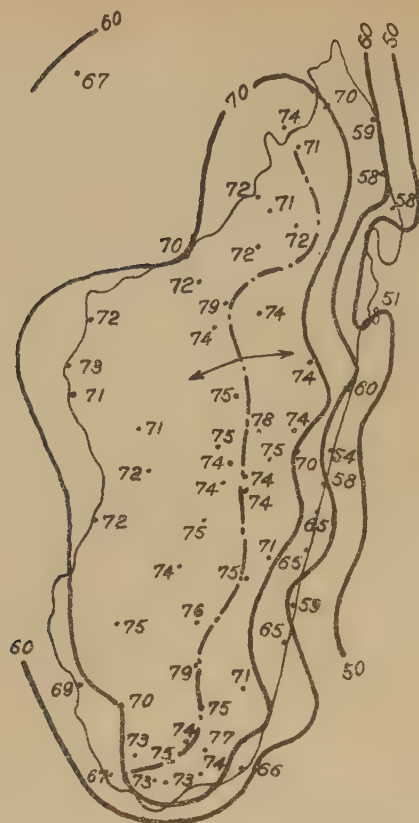


Fig.1-La Pluie-Isophases de la composante annuelle.

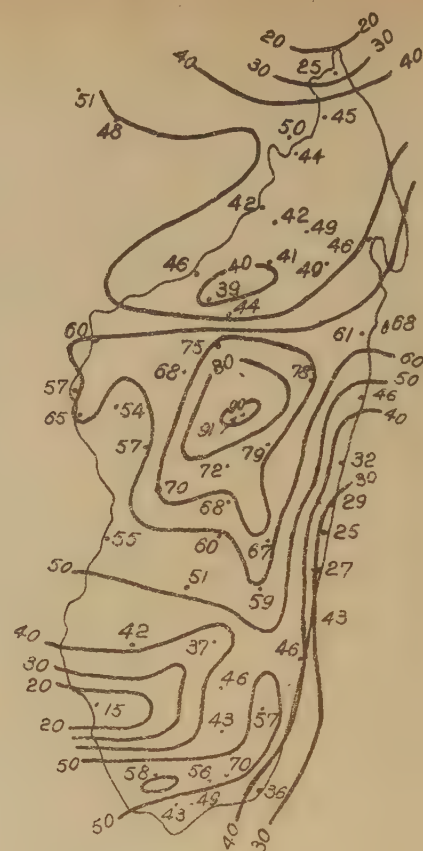


Fig.2-La Pluie-Lignes d'égale importance relative de la composante annuelle.

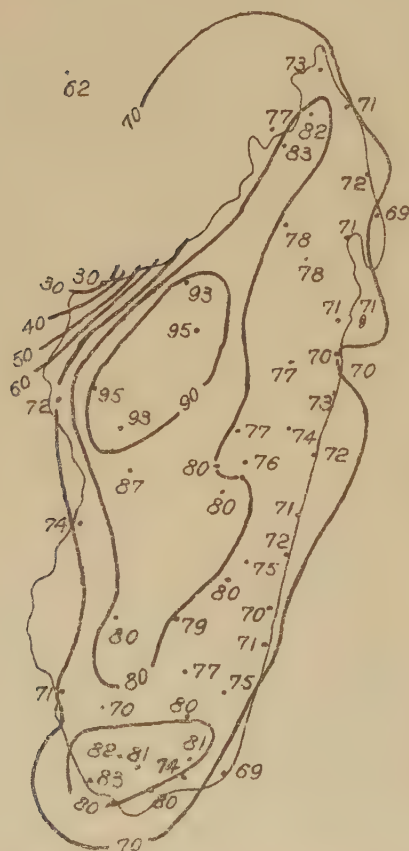


Fig.3-Température maximum.Iso-phases de la composante annuelle.

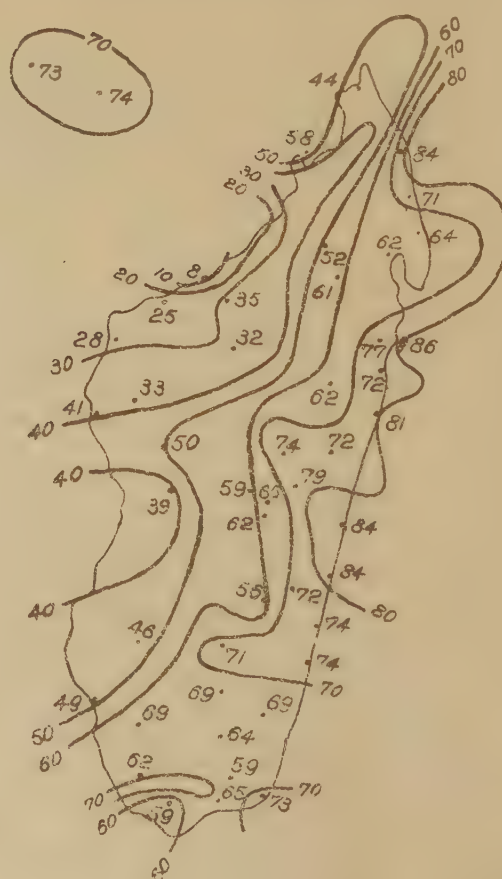


Fig.4-Température maximum.Lignes d'égale importance relative de la composante annuelle.

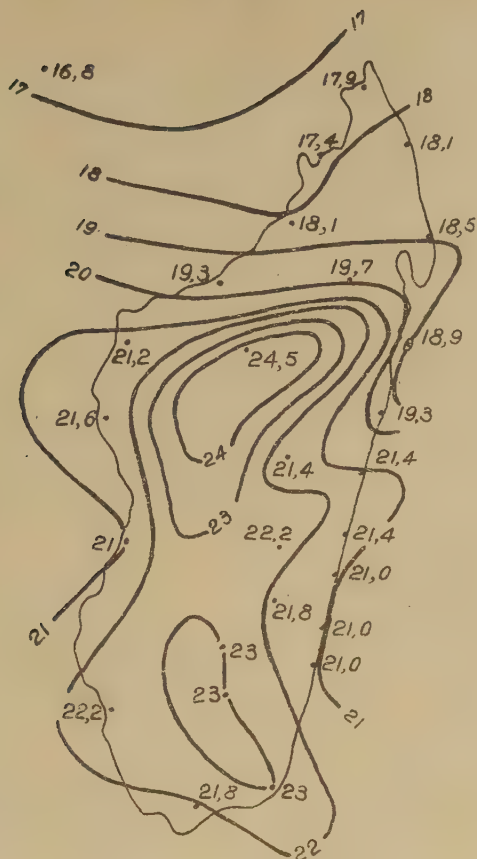


Fig.5-Pression atmosphérique.
Isophases de la composante annuelle.

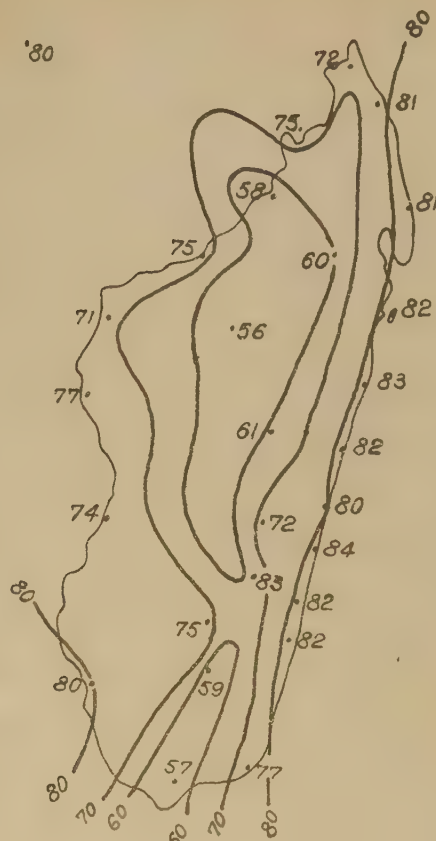


Fig.6-Pression atmosphérique.
Lignes d'égale importance relative de la composante annuelle.

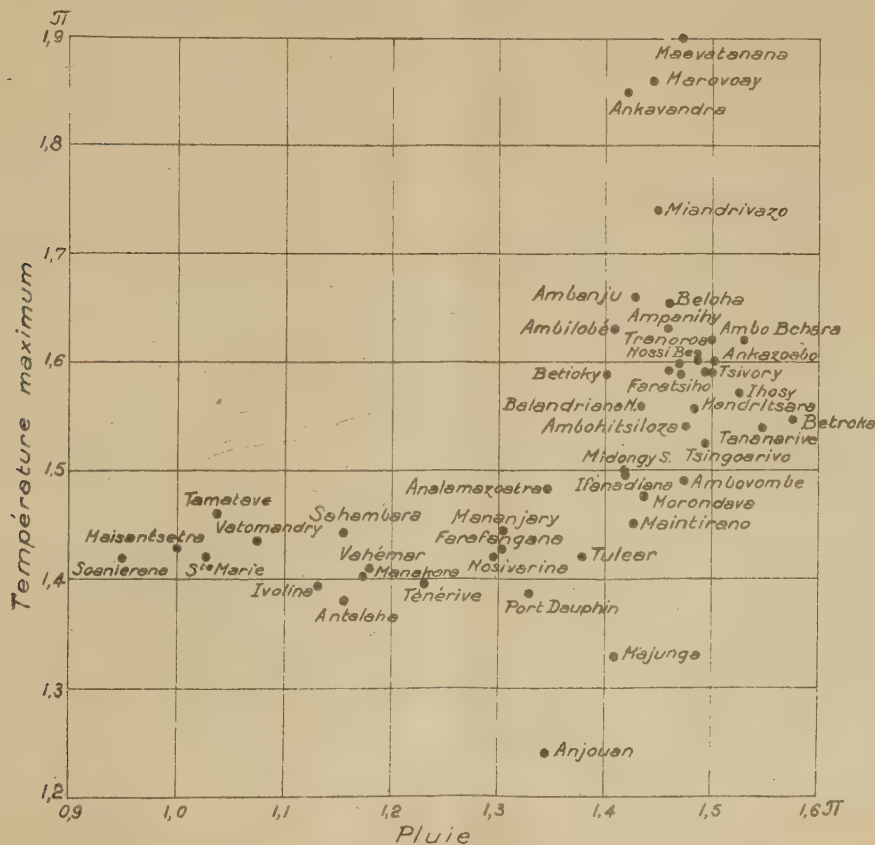


Fig.7-Comparaison de la phase(juillet)de
la composante annuelle de la pluie

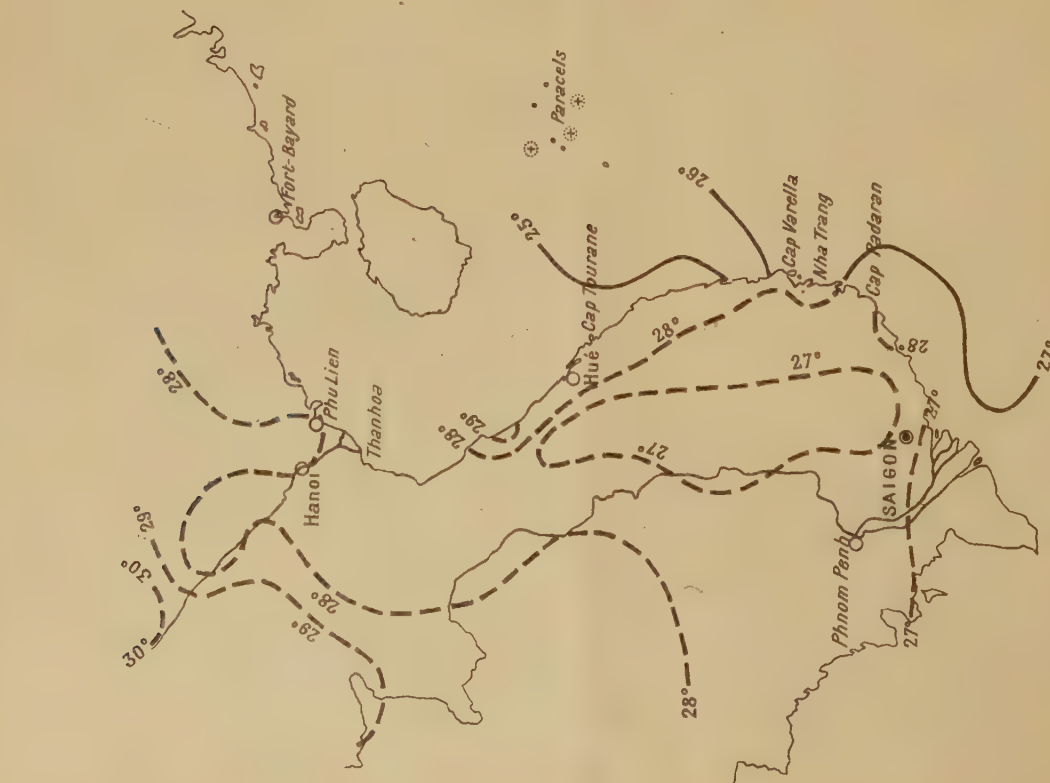


Fig. I.-Isothermes de l'air et de la surface de la mer en mousson d'été (température moyenne de la période mai-septembre).

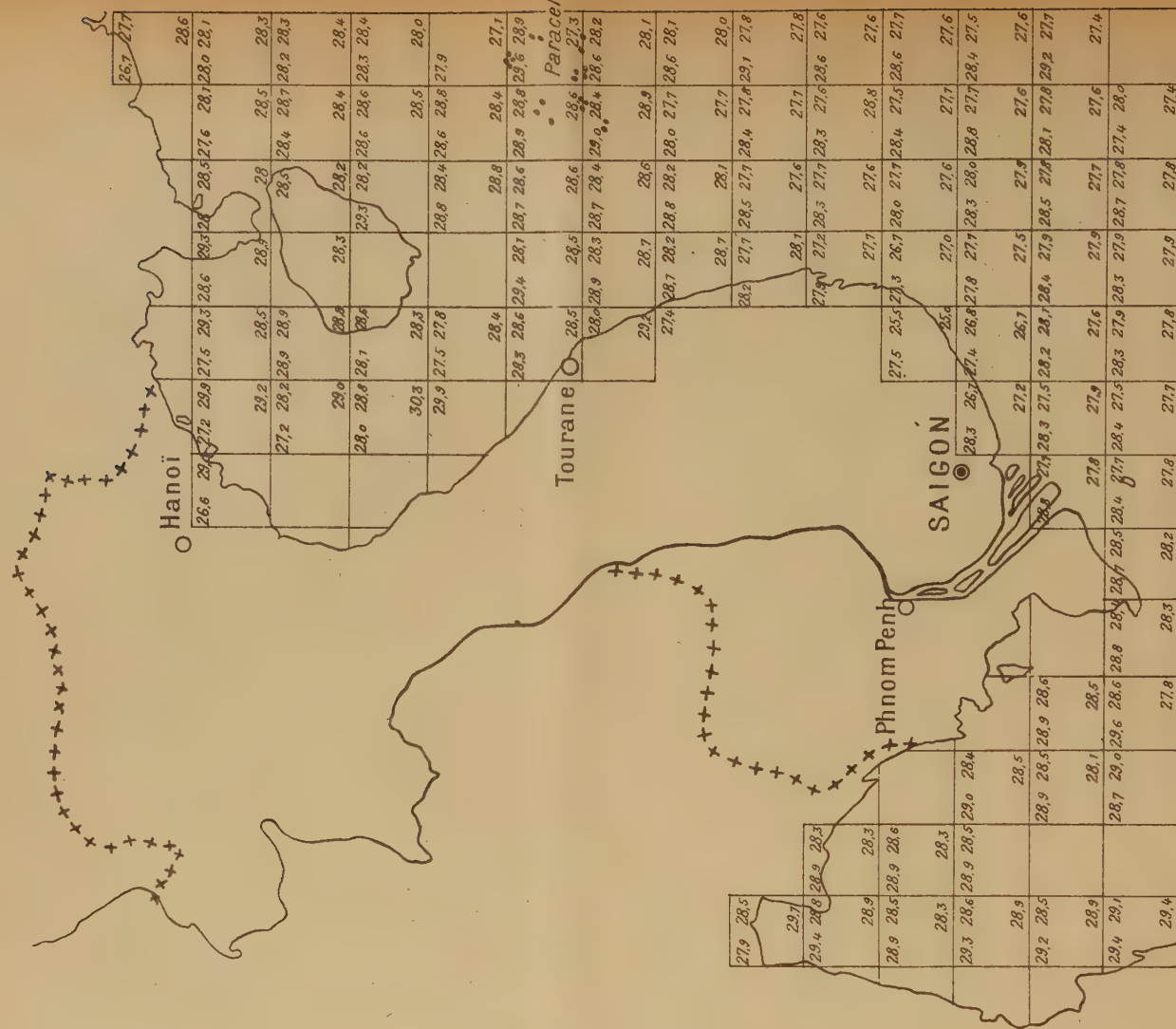


Fig. 2-Température de la Mer en juin, juillet, août.



Fig. 3-Transport moyen et sa variation diurne en juin, juillet, août.

Fig. 4-Isothermes de la surface de la mer en juin, juillet, août.

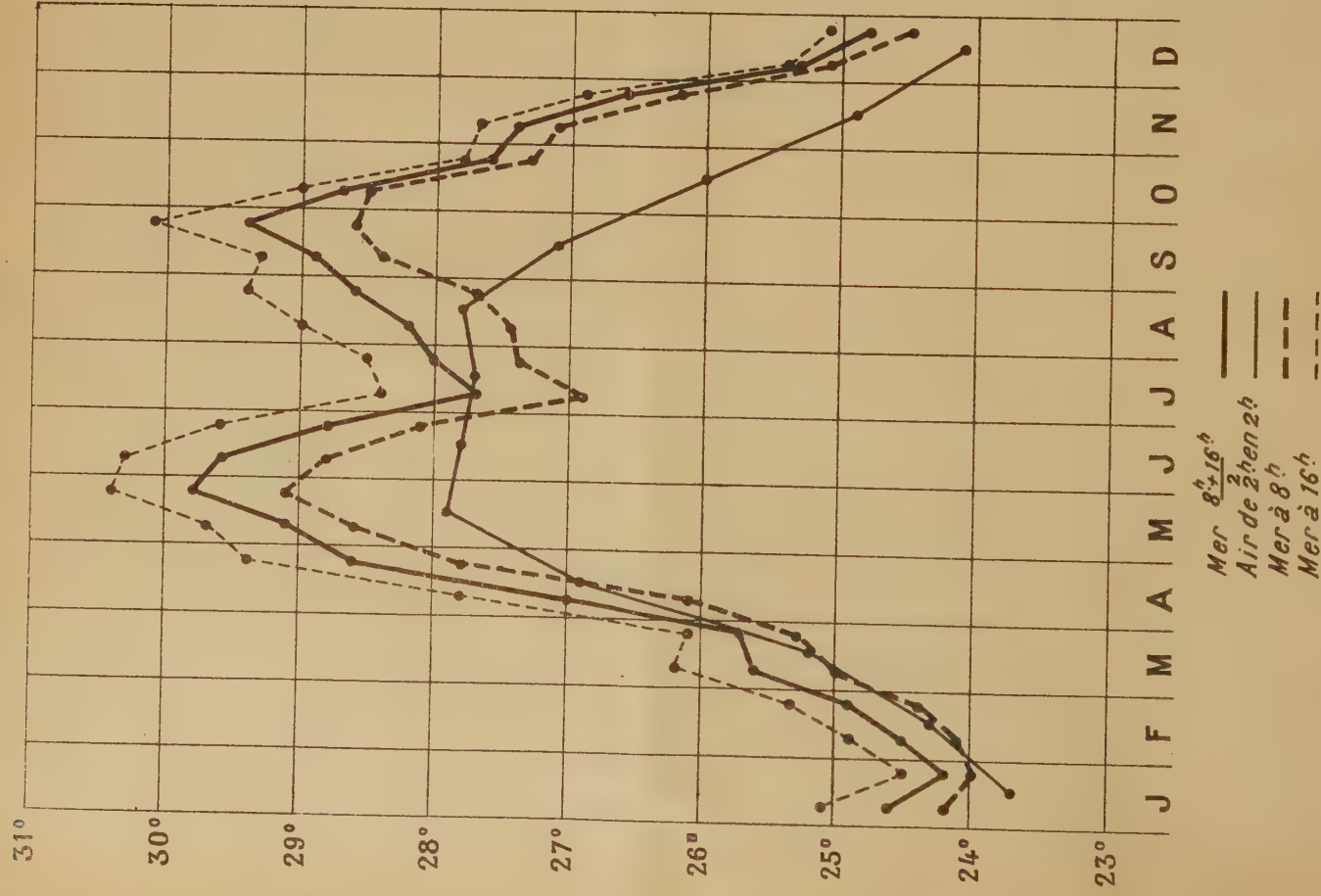


Fig. 5- Température de la mer de la baie de Nhatrang par quinzaine- Période 1932 au 1^{er} Juillet 1936. Température de l'air de la station Météorologique de Nhatrang par mois. Période 1930-1935.

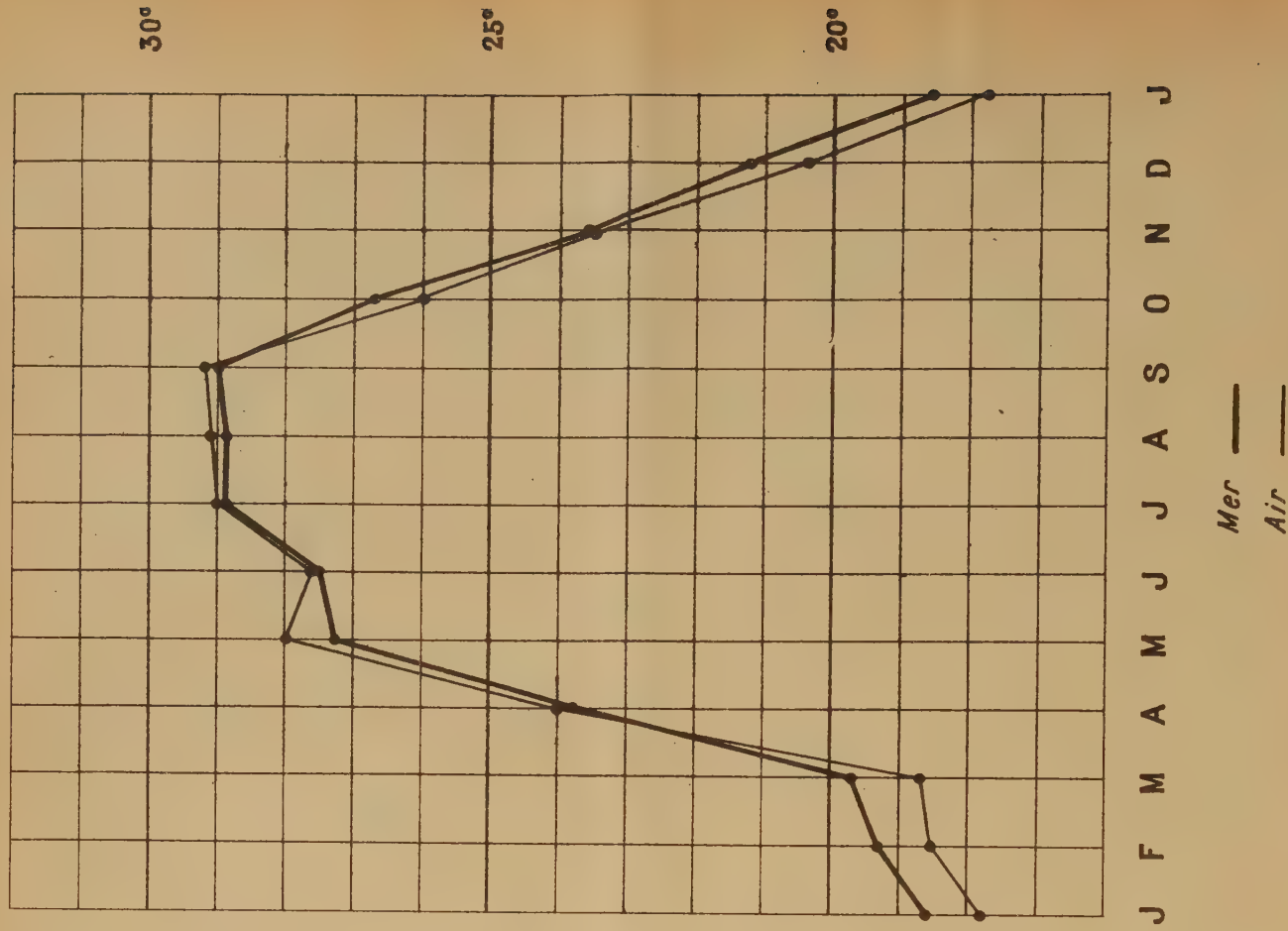


Fig. 6- Températures moyennes mensuelles de l'air et de la mer dans le Golfe du Tonkin au Nord du 18° parallèle.

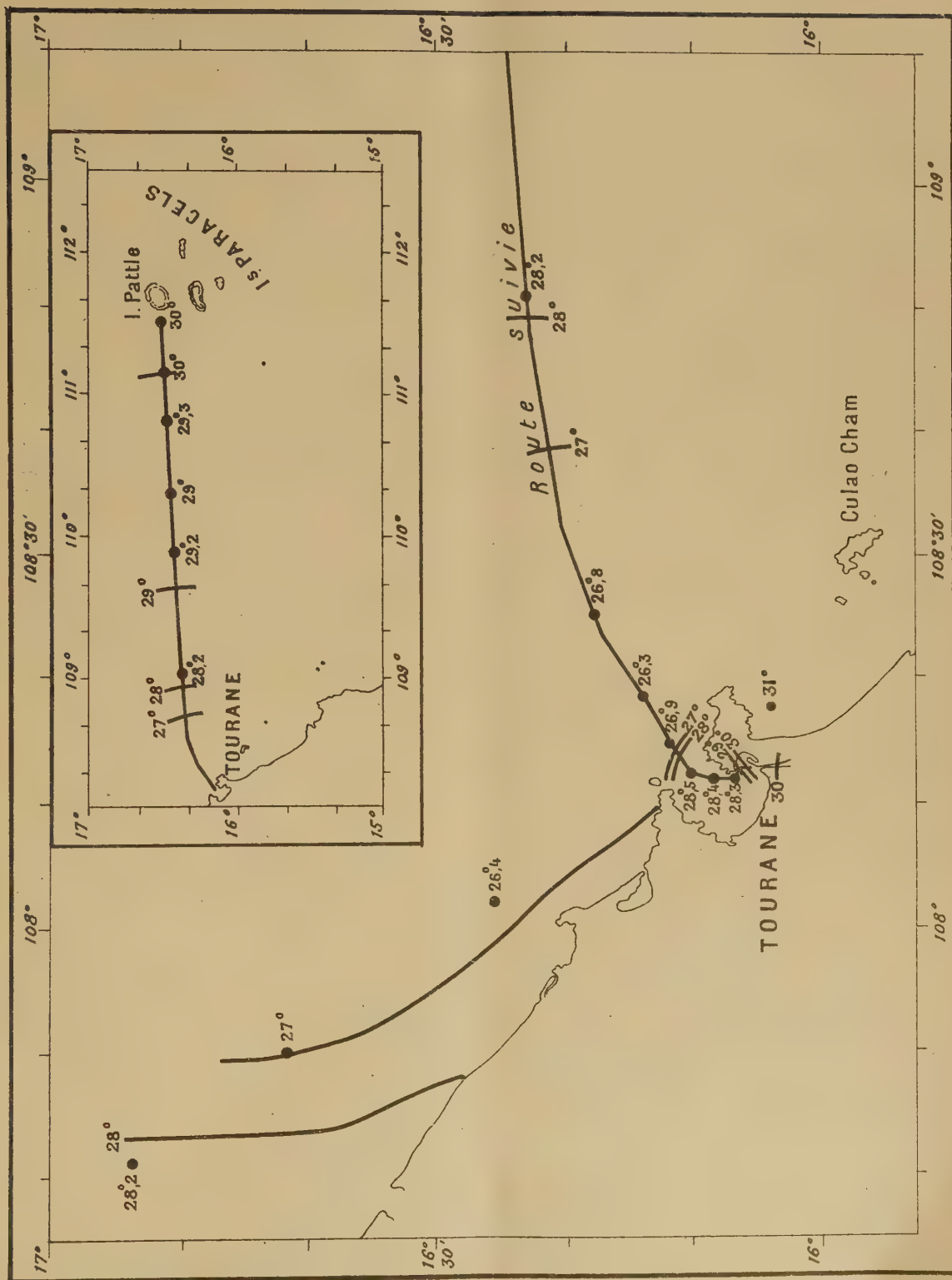


Fig. 7. Mesures de températures entre Tourane et les Paracels.

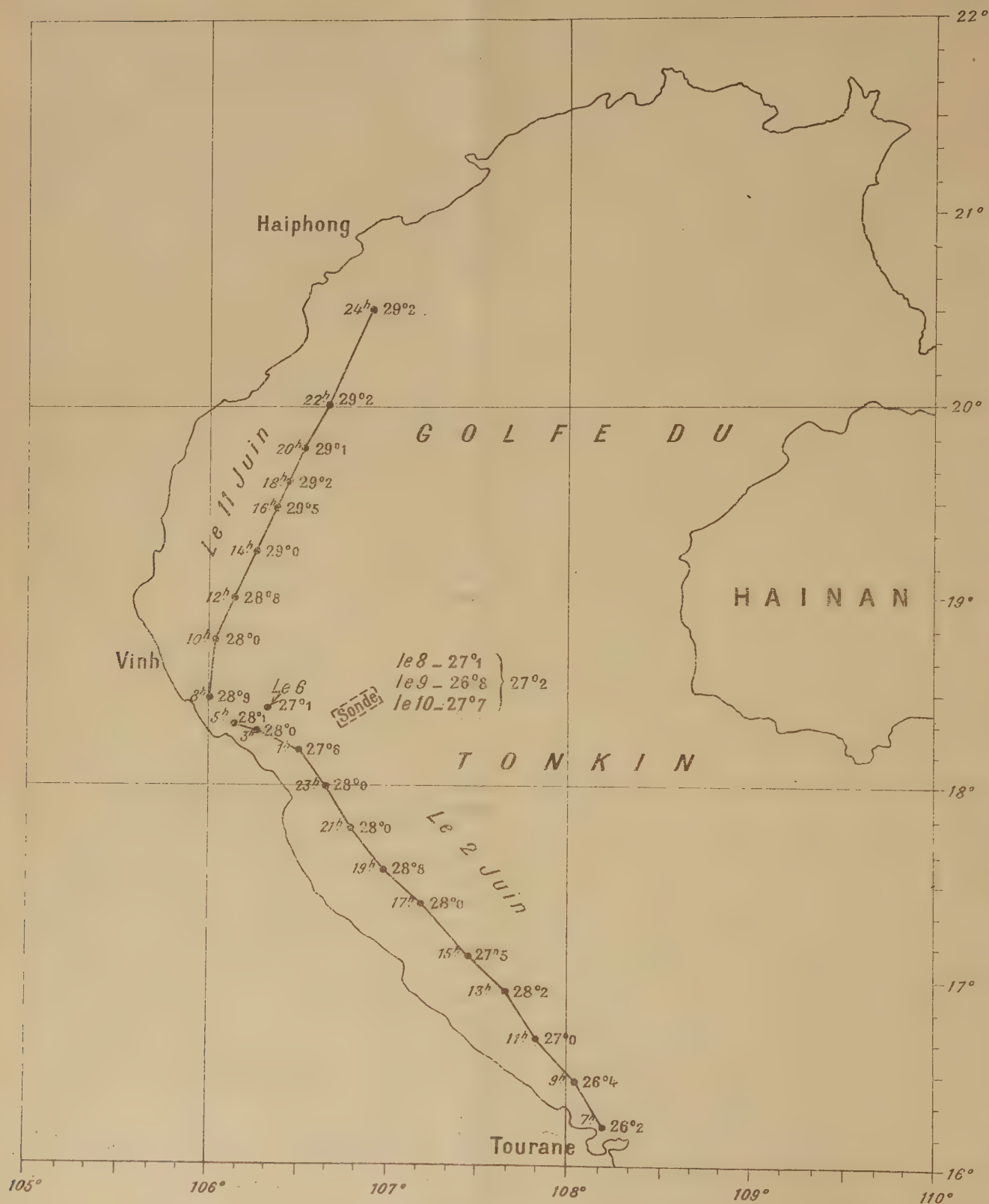


Fig.8-Mesures de températures le long des côtes d'Annam et du Tonkin.

La propagation de la composante annuelle à Madagascar

LE MATÉRIEL

Le Service météorologique de Madagascar publie un bulletin mensuel qui contient les données mensuelles des éléments météorologiques et il est agréable de rappeler le développement continu de cette publication. Le nombre de stations est passé de 78 pour le mois de janvier 1933 à 217 pour le mois d'août 1937 et leur répartition devient de plus en plus régulière à travers l'île. Le nombre d'appareils ayant fonctionné avec assez de continuité pour être utilisé s'élève à 73 pluviomètres, 60 thermomètres et 27 baromètres.

LES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'ensemble des données acquis au 31 août 1937 a été soumis à la méthode d'analyse harmonique de M. H. Labrouste, en vue d'en extraire la composante annuelle au moyen de la combinaison multiple $S_1 S_2 Z_1 Z_2 (s_1)_{12/2}$. Les graphiques de la composante annuelle obtenus ainsi pour la pluie, la température maximum et la pression atmosphérique ont paru assez purs pour que l'on puisse s'arrêter à une seule combinaison à ordonnées espacées (1).

La composante annuelle a pu être dégagée pour 1934, 1935 et 1936. La phase réalisée à chaque station en juillet de chacune de ces années a été relevée sur le graphique, ce qui a permis d'étudier la répartition de la phase de la composante annuelle dans l'île et d'interpréter les courbes d'égale phase pour chacune des années indiquées.

On a calculé aussi l'importance relative de la composante annuelle des trois éléments considérés à chacune des stations et on a, de même, construit des cartes représentant sa répartition au moyen de lignes d'égale importance relative.

(1) Le lecteur est prié de se reporter pour l'explication des termes aux publications suivantes : 1° Analyse par combinaisons linéaires d'ordonnées, par M. et M^{me} H. LABROUSTE. *Annales de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris*, t. XIV, 1936. — 2° Tables numériques pour l'analyse des graphiques résultant de la superposition de sinusoides, de M. H. LABROUSTE. Presses Universitaires de France. Paris, 1930. — 3° Instruction pour l'application de la méthode de M. H. Labrouste à l'Hydrologie. Association Internationale d'Hydrologie scientifique. Paris, 1936.

Les cartes reproduites ici (pp. 48 et 49) se rapportent à la situation de juillet 1934. Les cartes, non publiées, des deux autres années donnent la même disposition des courbes, sauf quelques variantes de détail.

LA PLUIE

La phase réalisée en juillet aux différentes stations varie entre 47,5 et 79 %. Cela veut dire, qu'en juillet, la composante annuelle des pluies est réalisée entre les environs de son point d'inflexion en descendant (abscisse $0,95 \pi$) et son minimum (abscisse $1,58 \pi$).

La répartition de la phase est soumise à cette loi que les stations de l'intérieur de l'île montrent une avance de phase par rapport aux stations côtières. Il existe un lieu d'avance de phase maximum, pratiquement le même pour les trois années étudiées. Cette ligne est tracée en trait fort sur la carte. Elle coïncide d'une manière très précise avec la crête principale de la surface définie par les lignes d'égale importance relative.

Cette ligne de faite, ce lieu de l'avance de phase maximum, se trouve dans la moitié ouest de l'île au nord d'Ankazobé; elle reste ensuite dans la moitié est jusqu'à Antanimora (dans le sud de l'île), et à partir de cette station elle prend une direction Est-Ouest pour atteindre la côte à Androka. Les lignes isophases sont beaucoup plus resserrées sur le versant Est que sur celui d'Ouest et, de plus, la côte Est montre, par rapport à la côte Ouest un retard atteignant trois mois.

La répartition des formations lithologiques ne semble pas avoir de rapport avec le tracé des isophases. Par contre, la topographie de l'île a des ressemblances avec la répartition de la phase de la composante annuelle. Cependant, il n'y a pas d'identité entre la surface de l'île et la surface définie par les lignes isophases.

Le lieu de l'avance maximum de la phase se trouve au-dessus des hauts plateaux et ne coïncide pas avec la ligne des sommets surplombant la côte Est. D'autre part, on peut être sûr que l'isophase cotée 70 % contourne l'île, de même que celle de 60 %, dans la partie sud de l'île au moins.

D'après ce qui a été exposé dans les publications

précédentes (1), on peut considérer que l'île introduit une perturbation dans la propagation de la composante annuelle d'origine astronomique. Dans le cas présent, cette perturbation consiste en la superposition à la composante ayant la phase universelle, mais dont l'amplitude est influencée par les conditions locales, d'une composante secondaire, née de la différence d'amplitudes et se propageant à partir des lieux à forte amplitude relative. Il en résulte un retard de phase partout ailleurs par rapport à ce qui aurait été s'il n'y avait qu'une composante à phase universelle. Si l'on voulait donc donner une image, on devrait se représenter une surface uniforme, qui figurerait la composante de phase universelle, et dans cette surface une dépression, commençant aux environs de l'île, atteignant un maximum de profondeur à proximité des côtes et se relevant sensiblement à la hauteur de la surphase uniforme le long de la ligne de ce qui fut nommé plus haut l'avance maximum de phase et qui, en réalité, correspond approximativement à la phase universelle.

Dans cette conception, chaque continent, chaque île introduirait sa propre perturbation dans la répartition de la phase universelle. L'exemple de l'île Sainte-Marie est significatif à cet égard. Le crochet de l'isophase de 50 % due à cette île devrait, peut-être, se résoudre en une courbe fermée de 50 % autour de la petite île, tandis que la courbe de même cote due à Madagascar resterait parallèle aux isophases de 60 et de 70 %. L'influence de la Grande Ile semble s'effacer assez rapidement dans l'océan. De même les Comores provoquent probablement un ensemble de perturbations dans la marche de la composante annuelle de la pluie. Ces perturbations ne peuvent pas encore être mises en évidence, par suite de la densité insuffisante du réseau, mais les données disponibles indiquent bien leur existence.

Les lignes d'égale importance relative sont, comme il a été signalé pour l'Argentine et pour l'Indochine, normales aux isophases. Elles donnent donc pour chaque station la direction de la propagation et montrent, notamment, que celle-ci se fait selon des trajectoires influencées par plusieurs facteurs différents. Il se confirme, en tous cas, que l'importance relative de la composante annuelle des pluies varie progressivement d'un point à l'autre, de même que la phase de cette composante.

Si l'on compare les cartes des isophases de la pluie à Madagascar et au Maroc, on voit qu'il y a une pro-

fonde différence entre ces deux pays par rapport au mode d'utilisation de l'eau. En effet, l'eau emmagasinée sur la terre ferme sous forme de la rétention nivale, du débit des cours d'eau, de celui des eaux souterraines et de la rétention par les divers peuplements, est apportée par le vent venant de l'océan.

Au Maroc, dans la partie nord du pays, la propagation de la composante annuelle de la pluie se fait effectivement de l'océan vers l'intérieur des terres. Mais dans la partie sud du Maroc la région des hauts plateaux introduit une perturbation du même type que celle qui règne à Madagascar.

On peut proposer une explication de ces faits en tenant compte de l'évaporation. Il est concevable que sous des conditions climatiques appropriées il y ait une forte proportion de l'eau des pluies évaporée. L'existence de terrains peu perméables et soumis à une température élevée, ou bien, une forêt abondante située dans une région d'ascendance de l'air, peuvent provoquer un brassage de la vapeur d'eau en quantité suffisante pour que l'influence des pluies qui en résulte, se fasse sentir dans le phénomène de la propagation des composantes élémentaires.

Si tel est réellement le cas, on devrait trouver à Madagascar l'air inférieur anormalement humide par rapport à l'air situé au-dessus de l'océan. L'emploi systématique de radio-sondes dans l'île et à partir de bateaux en plein océan permettrait d'aborder cette recherche, utile non seulement à la météorologie, mais aussi à l'hydrologie, à la géographie physique et à l'art de l'ingénieur.

LA TEMPÉRATURE MAXIMUM

La phase de la composante annuelle a varié en 1934 aux différentes stations entre 95 % et 30 %. En juillet 1934 était réalisée la partie de la sinusoïde entre les abscisses $0,6\pi$ et $1,8\pi$. Les différences de phase sont donc environ deux fois plus fortes pour la température maximum que pour la pluie.

La principale caractéristique de la répartition de la phase de la composante annuelle de la température maximum consiste encore en ce que cette distribution peut être représentée par une surface à deux versants. A l'intérieur de l'île ; il existe une avance de phase, mais le lieu de l'avance maximum se trouve rapproché de la côte Ouest sur toute la longueur de l'île. Dans le Sud, de même que pour les pluies, il existe une région d'avance de phase disposée dans la direction Est-Ouest. Les lignes d'égale importance relative sont encore normales aux isophases, mais la surface qui les contient n'a qu'une seule pente dirigée

(1) *Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer*, 1937, n° 23. *C. R. Ac. Sc.* 1938, t. 206, p. 1226. — *C. R. Ac. Sc.* 1938, t. 206, p. 1501.

de l'Est vers l'Ouest, en sorte que pour les températures maximum il n'existe pas de coïncidence entre le lieu d'avance maximum de phase et la ligne de faite de la surface des lignes d'égale importance.

Ni la lithologie de Madagascar, ni les différences d'altitude ne semblent pouvoir donner à elles seules une explication de la répartition de la phase de la composante annuelle de la température maximum. Le maximum de l'avance de phase est réalisé dans les plaines du littoral du Canal de Mozambique. Une autre zone d'avance de phase se trouve dans le Sud de l'île. Les conditions dans ces deux régions sont fort différentes, mais elles sont les plus chaudes de Madagascar. Il faut en conclure que la différence de température peut provoquer la production d'une onde thermique, se propageant à partir des lieux les plus chauds.

On voit, en tous cas, que la perturbation apportée par l'île dans la propagation de la composante annuelle de la température maximum est fort sensible et qu'elle s'exerce surtout sur le bord Ouest.

LA PRESSION ATMOSPHERIQUE

L'interprétation des isophases et des lignes d'égale importance relative est beaucoup moins sûre dans le cas de la pression atmosphérique, que dans celui de la pluie et de la température maximum. Le nombre de stations est beaucoup plus réduit. D'autre part, les valeurs publiées sont réduites au niveau de la mer pour les stations du Sud seulement. L'influence de la température et du relief n'est donc pas éliminée. Cependant, les stations côtières, de même que l'ensemble des stations, montrent avec netteté une progression générale vers l'équateur. Il en résulte que la perturbation apportée par l'île à ce phénomène universel est faible. On peut noter encore une diminution très nette de l'importance relative de la composante annuelle allant des côtes vers le centre de l'île.

Pour expliquer la position des centres d'avance de phase, il faut, probablement, admettre que Madagascar n'a qu'une action très limitée sur le régime de la composante annuelle de la pression atmosphérique, mais que la température qui règle la turbulence de l'air surimpose son effet à celui de la composante annuelle de phase universelle. Il est possible aussi qu'il faille considérer l'influence de la pluie et de l'évaporation. Ce problème pourra être repris lorsque le réseau des baromètres deviendra sensiblement plus dense. Actuellement on peut invoquer à l'appui des hypothèses précédentes que c'est la composante annuelle de la pression atmosphérique qui a la phase la moins évoluée.

COMPARAISON DES PHASES

On a construit pour 1934, 1935 et 1936 des graphiques ayant pour coordonnées les phases réalisées en juillet par les composantes annuelles de la pluie, de la température maximum et de la pression atmosphérique, prises deux à deux. Le graphique pluie-température (p. 49) montre deux alignements de points. Les stations de la côte Est présentent peu de variation de la phase de la composante de la température, tandis que la phase de la pluie varie beaucoup. Au contraire, pour les stations situées dans la zone d'avance maximum de phase de la température, la phase de la pluie se maintient dans des limites étroites et celle de la température à une forte variation.

On peut, semble-t-il, conclure de là que dans ces deux régions il n'y a pas de relation entre les composantes annuelles de la température maximum et de la pluie.

Certaines parmi les autres stations montrent un groupement autour d'un point ayant pour coordonnées approximatives : la phase du minimum de la composante de la pluie et la phase $1,6 \pi$ de celle de la température. Ces stations se trouvent surtout sur les hauts plateaux. Pour cette région on peut donc distinguer la possibilité d'une relation entre la production de la pluie et la marche de la température, cette dernière étant en légère avance sur l'évolution de la pluie. L'influence thermique des hauts plateaux a déjà été indiquée pour le Maroc. Elle existe aussi en Indochine.

La comparaison de la phase de la composante annuelle de la température maximum et de la pression atmosphérique montre que cette dernière est en retard sur la température. Les stations ne sont pas en nombre suffisant pour permettre une discussion approfondie. On peut provisoirement noter que les points se groupent autour de celui qui représente la phase $1,5 \pi$ de la température maximum et la phase $0,42 \pi$ de la pression atmosphérique.

La comparaison de la phase de la composante annuelle de la pluie et de la pression atmosphérique permet de fixer provisoirement la correspondance de phase à $1,48 \pi$ pour la pluie et à $0,42 \pi$ pour la pression. On constate de plus que la phase de la pression est peu variable sur la côte Est ; là où celle de la pluie varie notablement. C'est ce qui a été noté plus haut en comparant la phase de la composante annuelle de la pluie et de la température. Si cette coïncidence n'est pas due aux corrections des lectures du baromètre, adoptées à Madagascar, elle ferait ressortir que l'évolution de la pluie sur la côte Est dépend sur-

tout de la propagation de la composante annuelle non perturbée, d'une part, et du relief de l'île, d'autre part. Cette hypothèse est donnée à titre indicatif, dans l'espoir que le développement du réseau des baromètres permettra d'apporter des faits plus nombreux.

CONCLUSIONS

L'étude des données météorologiques de Madagascar par la méthode d'analyse de M. H. Labrouste continue celles faites pour l'Indochine et pour le Maroc. Elle permet de mieux affirmer l'extension géographique considérable, sinon générale, des phénomènes de la propagation. Il faut insister surtout sur l'influence du relief, qui, pour Madagascar, peut être résumée ainsi :

L'île provoque le déclenchement d'une variation annuelle qui se superpose à la variation universelle de même période. Le caractère de la composante annuelle obtenue par le calcul dépend de l'importance de l'action locale. Lorsque celle-ci est faible, comme c'est le cas pour la pression atmosphérique, la perturbation apportée est incapable de masquer la progression générale allant des pôles vers l'équateur. Au contraire, lorsque l'action locale est forte, comme pour les pluies, c'est elle qui détermine l'aspect de la carte des isophases. Alors, en analysant les cotes obtenues on peut se rendre compte d'un retard de phase grandissant dans la direction de l'équateur, mais cet effet est faible par rapport aux différences de phase dues aux conditions locales.

On peut considérer, dans tous les cas, que la phase de la composante annuelle découlant directement de l'action universelle, est celle que l'on trouve dans les stations où la composante calculée est la plus précoce. C'est donc en analysant un très grand nombre de séries météorologiques que l'on pourrait constituer un matériel, à partir duquel on pourrait aborder le calcul de la composante due à l'action astronomique. Et, une fois celle-ci isolée, on arrivera à mesurer l'effet des causes locales et, par là, trouver une base pour leur identification. Alors seulement on verra si réellement c'est la topographie qui a une action nettement prépondérante, comme il le semble actuellement, ou bien, s'il faut attribuer aussi à la constitution lithologique d'un pays en effet déterminé sur la propagation des composantes élémentaires météorologiques.

Ces problèmes mis à part, il apparaît dès aujourd'hui que l'étude de la propagation pourrait être utilisée pour l'organisation de la prévision à longue

échéance, car elle procure une connaissance approchée des trajectoires des composantes et permet, ainsi, de distinguer les stations qui commandent l'évolution météorologique d'un lieu précis.

Enfin, l'origine de la pluie peut être discernée, et là il faut prendre en considération que toute eau contenue dans l'air provient de l'évaporation. Le grand fournisseur de la pluie est donc l'océan. L'étude du Maroc a mis en évidence l'exemple d'un pays qui est arrosé surtout par l'eau venant de l'océan. Mais à Madagascar se montre une disposition toute différente et on a pu voir plus haut qu'elle est due aux pluies provenant d'un brassage de la vapeur d'eau et *qui restent sans influence sur l'écoulement*. L'emploi de la méthode d'analyse de M. H. Labrouste ouvre ainsi la possibilité d'une recherche qui peut avoir des répercussions sur les conceptions concernant le rapport entre le régime d'alimentation des cours d'eau et les pluies. L'intérêt de l'emploi de cette méthode s'affirme de plus en plus, car elle permet de formuler une compréhension particulière des phénomènes naturels et aussi de poser ces problèmes nouveaux.

Les considérations précédentes permettent de formuler certains *desiderata*. Le plus important est que soient entrepris des radio-sondages donnant l'état hygrométrique à la fois à Tananarive, Tamatave, Morondava et au large des côtes de Madagascar.

Vient ensuite le vœu général que soit maintenu la continuité du fonctionnement du réseau météorologique de Madagascar et que sa densité soit rendue de plus en plus uniforme, surtout pour les stations thermométriques et barométriques qui gagneraient à être plus nombreuses.

L'attention est attirée ensuite sur l'intérêt qu'il y aurait de posséder plus de stations aux Comores, dans l'île Sainte Marie et à Madagascar sur la côte avoisinant celle-ci.

Il résulte aussi de l'étude précédente que les relevés météorologiques devraient être confrontés avec les observations du débit des eaux courantes et des eaux souterraines, au moins dans une partie de l'île. On pourrait faire choix, par exemple, de la région contenue dans la courbe d'égale importance de la composante annuelle de la pluie cotée 60 %.

Enfin, il est souhaitable que l'observation de l'évaporation de la surface libre des eaux et de celle du sol soit entreprise dans les principales stations météorologiques de toutes les régions naturelles de Madagascar.

V. FROLOW.

Sur les variations de température des eaux de la Mer de Chine

En étudiant la note remarquable de MM. Chevey et Carton « sur les courants de la Mer de Chine méridionale et leurs rapports avec le climat de l'Indochine » (1) la forme des isothermes de la surface de la mer en mousson d'été nous a quelque peu surpris (en particulier celle de 25° devant Tourane), et nous avons relevé de fortes différences entre ces isothermes et celles que l'on peut déduire des cartes moyennes de températures établies, pour la période 1910-1930, par le Royal Netherland's Meteorological Institute.

Les observations de l'Institut Océanographique, bases du travail de MM. Chevey et Carton, devant être d'une grande valeur et coïncidant fort souvent pour les périodes d'intermousson et pour celle de mousson d'hiver avec les cartes de l'Institut hollandais, il s'agissait de considérer les divergences qui existent en mousson d'été.

La figure 1 (voir pour les figures pp. 50 à 54) donne la carte des isothermes établie par MM. Chevey et Carton pour l'air et la surface de la mer pendant les mois de mousson d'été (2), c'est-à-dire de mai à septembre. Il semble cependant que les observations, bases du travail, n'aient été faites que pendant les mois de mai et début juin.

La figure 2 donne la moyenne des températures de la mer d'après les moyennes des cartes de l'Institut hollandais. Ces observations étant faites en mer, je me suis gardé de les extrapoler jusqu'à la côte (3). La figure 4 donne une carte d'isothermes qui cherche à concilier en cette saison les deux systèmes de données précédents et qui, grâce à deux nouvelles hypothèses et à la faveur d'autres faits d'observations, semble être maintenant plus adaptée à la réalité.

Notre première hypothèse consiste en l'explica-

tion du refroidissement de la mer, lorsqu'il se produit seulement dans les zones littorales, par le rejet des eaux chaudes côtières superficielles vers le large par des vents soufflant du continent vers la mer, les eaux superficielles étant remplacées par des eaux froides venues des profondeurs de la mer.

Voyons maintenant quelles sont les raisons de cette explication. Pour notre part, c'est l'observation en 1934 du refroidissement de la mer par l'harmattan sur la côte du Togo qui a provoqué cette explication. Mais elle avait été, avant nous, donnée par Idrac qui, sur le sujet, a fourni des observations démonstratives (1). Ces observations portaient sur le refroidissement de la mer le long des côtes de Provence sous l'influence du mistral, et il démontrait le rejet des eaux chaudes superficielles vers le large et l'apparition en surface en bordure du littoral des eaux froides sous-marines. Signalons encore son observation sur le vent d'Est qui amenait sur la côte, des eaux chaudes venues du Golfe de Gênes et produisait par contre coup un abaissement du plafond des eaux froides sous-marines. De plus, il y a le célèbre courant de Humboldt ou plutôt la zone des eaux côtières froides sur les côtes occidentales Sud-américaines, zone qui ne s'explique que par une montée d'eaux froides (2), (l'auteur ne donne malheureusement pas d'explication), produite par l'alizé s'écartant du littoral américain. Il nous semble que l'on pourrait encore généraliser et ce sera notre deuxième hypothèse — en admettant qu'en un point une constante divergence — au sens mathématique du mot des composantes horizontales des vents, fonction de l'action d'une composante verticale descendante du vent, provoquerait une divergence des eaux superficielles et une montée d'eau sous-marine. Ce sont d'ailleurs de semblables divergences des vents de surfaces qui me semblent aptes à fournir une explication détaillée des phénomènes existant dans le courant de Humboldt et qui paraissent s'appliquer aux stries d'eaux froides appa-

(1) 26^e Note de l'Institut Océanographique de l'Indochine, 1935.

(2) Une erreur d'impression s'étant glissée dans le tracé des isothermes pour l'air dans la note de MM. Chevey et Carton, celle-ci a été rectifiée par M. Carton lui-même dans la carte.

(3) Il ne semble pas qu'il faille s'inquiéter de voir l'isotherme 28° passer dans le degré carré dont les coordonnées de son coin inférieur gauche sont 17° et 107° et dont la température moyenne serait de 29° 9. Les navires qui généralement vont de Tourane à Haiphong suivent, en effet, la ligne droite et ne s'en écartent jamais beaucoup.

(1) IDRAC (P.). — Influence du mistral et du vent d'Est sur la température des couches sous-marines de la côte d'Azur. *C. R. A. S.*, 1933, t. 197, p. 1680.

(2) VALLAUX (Camillo). — Géographie générale des mers, p. 201.

raissant dans l'Océan Atlantique à la naissance du courant équatorial et dans le courant du Golfe de Guinée.

C'est encore ce phénomène qui semble devoir être la cause première de la petite saison sèche sur les côtes occidentales du Golfe de Guinée. Les vents provenant du débordement de l'alizé austral, soufflant avec force d'Ouest-Sud-Ouest en cette saison, décollent des rivages les plus inclinés sur le méridien, de la côte Nord de Guinée, les eaux superficielles et ramènent à la surface près de la côte les eaux froides sous-marines. Ces eaux froides, comme il est classique en météorologie, expliquent l'absence de pluie. Au contraire, les eaux superficielles seraient poussées vers le fond du Golfe de Bénin et leur température relativement élevée expliquerait les pluies importantes de juillet, août, septembre sur Douala et le fond du Golfe; les brumes persistantes et le crachin du fond du Golfe du Bénin seraient occasionnés par le débordement de l'alizé austral froid sur ces eaux superficielles tièdes (1).

Remarquons que les hypothèses précédentes s'appliquent aux isothermes de la carte 1 et nous ont permis de tracer celles de la carte 4. En effet, les vents sur le littoral Nord-Annam s'écartent de la côte (voir la carte 3 qui donnent les transports moyens du vent à diverses heures de la journée en plusieurs stations côtières en juin, juillet, août). Le fait inverse est frappant pour Nhatrang. L'institut Océanographique y fait des observations continues de température de l'eau de mer, et j'ai utilisé des observations pour donner dans le graphique ci-contre les températures par quinzaine de la période 1^{er} janvier 1932, 30 juin 1936. On voit sur ce graphique que la température moyenne pendant les mois de mai, juin, juillet, août et septembre est de 28°1 à 8 heures et de 28°7 à 16 heures. Ces températures sont bien supérieures à celles qu'indique la carte 1. Cela s'explique, ainsi que les différences entre les variations de la moyenne mensuelle de la température de la mer et celles de l'air, par la direction du vent relativement à la côte et par les valeurs de la divergence du vent au large (voir les directions du vent moyen sur les cartes de l'Institut hollandais): en mai, divergence très faible au large avec vent portant un peu vers la côte, d'où mer chaude; en juillet au contraire, forte divergence au large

à Nha-trang, vents portant vers la côte des eaux superficielles plus froides. L'effet de variation du rayonnement solaire dû aux variations de la déclinaison du soleil — quelquefois invoqué — semble inexistant (le soleil est au zénith à Nha-trang en fin avril et fin octobre).

La forte divergence des vents au large suffirait semble-t-il à expliquer les températures plus faibles à une certaine distance au large de Nhatrang et également l'apparition concomitante de salinités superficielles plus fortes.

Le Golfe du Tonkin en cette saison, soumis au couchant à des vents du Sud-Est, est très chaud et nous ne pensons pas que les chiffres de la carte 2 soient exagérés. Les eaux superficielles s'accumulent alors dans le Nord du Golfe et la chaleur y est très lourde.

Le graphique suivant donne les températures mensuelles de la mer et de l'air d'après la carte de l'Institut hollandais pour le Golfe du Tonkin au Nord du 18^e parallèle. Les faibles différences entre les températures moyennes de l'air et de la mer sont remarquables ainsi que la très grande amplitude de la variation annuelle de la température de l'eau de la mer.

Les hypothèses précédentes paraissent également s'appliquer à la mousson d'hiver. Dès que celle-ci commence à souffler sur le Golfe du Tonkin, elle refoule vers le Sud les eaux superficielles et cela paraît bien être la cause de la baisse très forte de la température de surface que l'on observe dès le mois d'octobre.

Nous nous sommes servi des hypothèses et des remarques précédentes ainsi que des cartes 1, 2 et 3 pour tracer la carte 4 finale qui reste malheureusement assez hypothétique. Le manque d'observations directes sur les côtes du Nord et du Centre-Annam jusqu'à Tientcha rend assez douteux le tracé des isothermes sur le littoral (1).

Le Service Météorologique de l'Indochine vient d'ailleurs de demander à ses observateurs des stations côtières et aux agents des phares des mesures de températures de la mer près du rivage. Ces observations seront précieuses et nous espérons avoir confirmation de la baisse de température de la mer près des côtes du Centre-Annam et du Tonkin pen-

(1) Beiträge zur Klimatologie von Togo von E. HEILGERMANN, *Archiv der deutschen Seewarte*, 57 band, N° 3. Hamburg, 1937.

Strömungen und Oberflächen temperaturen in Golfe von Guinea, par J. JANKE. *Archiv der Deutschen Seewarte*, N° 6, Hamburg, 1920.

(1) Nous n'avons pas cru devoir conserver, comme sur la carte 4 des températures inférieures à 26° au large de Tourane. D'après les observations du De Lanessan, les basses températures existaient encore au mois de mai sur le littoral indochinois entre le 16° et le 17° parallèle. Nous n'avons pas osé les conserver dans notre carte 4 malgré l'appui que cela apporterait à nos hypothèses.

dant les mois d'été lorsque soufflent sur le Tonkin les vents dits « du Laos », qui, très chauds, soufflent de l'intérieur vers la mer. Cette baisse qui, confirmerait encore nos hypothèses n'a pas encore, à notre connaissances, été signalée sur les côtes d'Indochine.

Remarquons que les conclusions principales du travail de MM. Chevey et Carton restent intactes et que les hypothèses et les remarques précédentes n'ont été émises par nous que pour expliquer l'apparition en surface des eaux froides sous-marines. L'existence du courant froid sous-marin des côtes d'Indochine dont l'existence a été signalée par l'Institut Océanographique d'Indochine reste d'ailleurs d'un grand secours dans l'application de nos hypothèses.

NOTE ADDITIVE

Depuis la rédaction de la note précédente, nous avons pu réunir et faire quelques observations supplémentaires qui précisent un peu la question.

Chargés de l'installation d'une station météorologique à l'île Pattle (Archipel des Paracels), nous sommes partis de Tourane le 11 mai à bord de l'*Astrolabe*, navire sondeur de la Mission Hydrographique. Grâce à l'obligeance du lieutenant de vaisseau Duffo, Commandant de l'*Astrolabe* et de ses officiers, nous avons pu faire des observations de la température de l'eau de mer superficielle qui nous a donné dans les eaux du lagon une température moyenne de 29°5 du 12 au 27 mai, ce qui est conforme aux cartes hollandaises. Au retour jusqu'à Tourane, nous avons pu faire les observations suivantes :

Heure	12 h. 45	13 h. 15	15 h. 30	18 h. 00
Température ..	29°5	29°8	30°0	29°3
Heure	19 h. 00	20 h. 00	21 h. 00	10 h. 00
Température ..	29°2	29°0	29°0	28°4
Heure	12 h. 00	5 h. 30	9 h. 00	9 h. 05
Température ..	29°2	28°2	26°8	26°7
Heure	9 h. 10	9 h. 20	9 h. 30	9 h. 40
Température ..	26°9	26°6	26°7	26°3
Heure	9 h. 50	10 h. 00	10 h. 10	10 h. 20
Température ..	26°3	26°6	26°8	26°9
Heure	10 h. 30	10 h. 40	10 h. 50	11 h. 00
Température ..	28°6	28°5	28°4	28°3
Heure	11 h. 10	11 h. 20	11 h. 35	
Température ..	29°3	30°1	30°9	

De plus après notre départ le Commandant de l'*Astrolabe* a bien voulu nous communiquer des observations qu'il a effectuées lors de son voyage

Tourane-Haïphong. Ces observations donnent pour la température de la mer dans l'Ouest du Golfe du Tonkin des températures de 28 à 29°5 qui concordent bien avec la carte présentée par nous.

Les cartes de la page donnent les routes suivies avec les observations faites. Sur celles correspondant à notre voyage, nous avons également fait figurer les isothermes de degré en degré.

Il est remarquable de constater qu'au large de Tourane nous retrouvons la bande d'eaux fraîches de 26° qui avait déjà été signalée par M. Chevey. Cette bande d'eaux fraîches ne pénètre du reste pas dans la baie de Tourane où la température de l'eau était de 31°.

En outre, pendant une courte période de vents dits « du Laos » débutant le 12 juin, les observations suivantes de la station de Donghoi, si elles n'indiquent pas nettement un refroidissement de la température de la mer, ne donnent aucun signe d'échauffement malgré les températures très fortes de l'air.

Date	Température de la mer à 7 heures	A 6 heures		A 14 heures	
		Température de l'air	Vent	Température de l'air	Vent
1	28°5	24°	↗	27°	↖
2	28°0	24°	↗↗	27°	↖↖
3	28°0	24°	↗↗↗	30°	↖↖↖
4	27°8	25°	↗↗↗↗	30°	↖↖↖↖
5	»	25°	↗↗↗↗↗	31°	↖↖↖↖↖
6	27°3	26°	↗↗↗↗↗↗	30°	↖↖↖↖↖↖
7	27°0	26°	↗↗↗↗↗↗↗	28°	↖↖↖↖↖↖↖
8	27°3	25°	↗↗↗↗↗↗↗↗	29°	↖↖↖↖↖↖↖↖
9	27°7	25°	↗↗↗↗↗↗↗↗↗	30°	↖↖↖↖↖↖↖↖↖
10	27°8	25°	↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗	31°	↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖
11	27°6	26°	↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗	34°	↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖
12	»	28°	↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗	35°	↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖
13	27°3	29°	↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗	36°	↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖
14	27°1	29°	↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗	35°	↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖
15	27°5	29°	↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗↗	35°	↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖↖

P. CAUVET-DUHAMEL,

Ingénieur-Météorologiste des Colonies,
Phu-Lien (Tonkin).

Sur une marée de tempête observée à l'île Tubuai

En Océanie, une élévation anormale du niveau de la mer a été observée le 25 février 1937, entre 17 et 19 heures, dans la partie Nord-Est de l'île Tubuai (23° 21' de latitude Sud et 149°28' de longitude Ouest Greenwich). Ce phénomène a été lié à une dépression cyclonique qui s'est formée le 24 février au Sud-Est de l'Archipel Tonga, à 300 kilomètres environ au Sud-Ouest de l'Archipel Cook. Cette dépression s'est développée le long de la ligne de discontinuité qui, à cette date, s'étendait au Sud de ces archipels et limitait deux masses d'air de température différente; elle est passée les 25 et 26 par le travers des îles Australes.

Voici les observations faites pendant la journée du 25 par M. Doom, chef de la Station Météorologique de Tubuai.

Heure	Pression	Vent	Etat de la mer	Houle
07	752.8	NE 3	houleuse	NE
10	752.9	NE 4	»	NE
14	750.5	NE 4	très houleuse	NE
15	749.5	NE 6	»	NE
16	747.0	NE 8	très grosse	NE
17	746.2	NE 8	démontée	NE
18	745.4	NNE 7	démontée	N
19	747.2	NNE 7	démontée	N
20	749.0	NNE 7	grosse	N

La mer a commencé à envahir la côte (district de Mataura) vers 17 heures; à 18 heures la marée de tempête a eu son effet maximum et on a observé par endroits une élévation de 75 à 100 centimètres, comptée à partir du niveau des basses eaux. Les rivières, gênées dans leur écoulement, ont subi une crue passagère, mais ne sont pas sorties de leur lit: leur niveau s'est élevé en moyenne de 50 à 75 centimètres au-dessus de la normale. La mer s'est retirée vers 20 heures et les eaux ont décu rapidement.

Les dégâts enregistrés sont peu importants: aucune maison n'a souffert sérieusement de la tempête; mais quelques arbres et de nombreux bananiers ont été arrachés.

Etant données sa vitesse de déplacement et sa direction, la dépression a dû passer par le travers de l'île Rapa le 26 février entre minuit et quatre

heures du matin; la Station Météorologique de Rapa ne possédant pas encore d'appareils enregistreurs il est difficile de se faire une idée exacte des différentes manifestations du phénomène. D'après les observations de M. Maireau, chargé de cette station, le vent qui était Nord (force 5) le 25 au soir, est passé le lendemain matin au Nord-Ouest en soufflant avec violence et par rafales; ils atteignent à 7 heures la force 7-8 Beaufort, tournait ensuite à l'Ouest-Nord-Ouest vers midi (force 6) et à l'Ouest (force 5) dans la soirée. On n'a signalé aucune élévation anormale des eaux bien que la mer ait été très houleuse pendant les journées des 25 et 26 février. Il est possible toutefois qu'un envahissement du littoral par la mer se soit produit au cours de la nuit (au moment du passage de la dépression); et que de ce fait, on ne l'ait point observé.

Les effets de cette dépression se sont fait sentir dans toutes les îles des Etablissements français de l'Océanie, sauf aux îles Marquises. A Papeete (Tahiti) et à Uturoa (Iles-sous-le-vent) la baisse barométrique a été très nette: à Papeete le minimum observé a été de 754,4 millimètres et à Uturoa on a relevé le 25 février à 16 heures une pression de 753,8 millimètres.

D'autre part, cette perturbation a été caractérisée par des chutes de pluie relativement peu abondantes, qu'on ne saurait comparer aux pluies diluviennes qui accompagnent en général les dépressions cycloniques. Nous donnons dans le tableau suivant les relevés en millimètres des pluies effectuées dans chaque station du 24 au 28 février:

Dates	Papeete	Uturoa	Tubuai	Rapa
24	0.0	1.1	10.0	20.0
25	11.5	0.7	59.0	55.0
26	8.7	10.0	23.0	37.5
27	16.0	13.4	5.5	15.5
28	2.5	0.4	1.5	10.0

J. GIOVANNELLI,

Ingénieur-Météorologiste des Colonies.
Papeete (Tahiti).

NOTES ET INFORMATIONS

Un commencement d'incendie a eu lieu le 6 avril 1939 dans les combles du Ministère des Colonies, à Paris. Le feu s'est communiqué aux archives du Service Météorologique Colonial. De nombreuses feuilles d'observations, se rapportant aux années antérieures à 1935 ont été détruites. Grâce aux doubles qui existent dans les Services Météorologiques des territoires d'outre-mer, les documents détruits pourront être rapidement reconstitués.

Les îles **Saint-Paul, Amsterdam, Crozet et Kerguelen**, qui dépendent administrativement du Gouvernement Général de Madagascar, ont été visitées au début de l'année par l'avis *Bougainville*. Des observations météorologiques ont été effectuées à cette occasion dans ces îles par M. Thomas, Chef du Service Météorologique de Madagascar.

Le **Comité de la France d'Outre-Mer** auprès du Conseil Supérieur de la recherche scientifique s'est réuni, les 9 et 10 décembre 1938, à la Maison de la Chimie, sous la présidence de M. Jean Perrin, Membre de l'Institut, ancien Sous-Secrétaire d'Etat à la Recherche Scientifique. Au cours de ces réunions, les bureaux des sections ont été constitués et les directions générales de travail du Comité ont été établies.

La **Conférence régionale II (Extrême-Orient)** de l'Organisation Météorologique Internationale a désigné comme Président M. C. W. Jeffries, Directeur de l'Observatoire de Hong-Kong, en remplacement de M. Bruzon, nommé Inspecteur Général du Ser-

vice Météorologique Colonial au Ministère des Colonies.

La **Section de Géodésie** du Comité National Français de Géodésie et Géophysique s'est réunie le 30 novembre 1938, au Bureau des Longitudes, sous la présidence de M. le Général Perrier, Membre de l'Institut. Parmi les questions portées à l'ordre du jour figuraient un rapport de M. Villain, sur les travaux de triangulation effectués par le Service Hydrographique de la Marine en France et dans les colonies françaises, et les déterminations des anomalies de la pesanteur faites en Algérie et au Sahara par M. Lagrula ; aux Philippines par le R. P. Lejay, et, au Maroc, par le Lieutenant de vaisseau Roux.

La **Section d'Hydrologie scientifique** du Comité français de Géodésie et Géophysique s'est réunie le 21 décembre 1938, au Ministère des Travaux Publics, sous la présidence de M. Dienert. La section a examiné notamment les travaux élaborés par la Commission des méthodes de mesure.

Le **Comité National de Géodésie et Géophysique** a constitué une Commission pour l'étude du niveau moyen de la mer. Celle-ci s'est réunie le 1^{er} mars 1939, au laboratoire de Géographie physique de la Sorbonne, sous la présidence de M. le Général Perrier, Membre de l'Institut. Après un rapport de M. Frolov, sur les principaux buts à atteindre par la Commission, celle-ci a établi un programme de recherches.

BIBLIOGRAPHIE

WALTER (Préparé sous la direction de A.). — **Summary of rainfall in Kenya Colony for the year 1937 ; — Bulletin of daily rainfall in Kenya Colony for the months of April to October 1938 ; — Summary of rainfall in Tanganika Colony for the year 1937 ; — Bulletin of daily rainfall in Tanganika Colony for the months January to October 1938 ; — Summary of rainfall in Uganda Colony for the year 1937 ; — Bulletin of daily rainfall in Uganda Colony for the months January to October 1938.**

Sous l'active direction de M. A. Walter, les Colonies

anglaises du Kenya, du Tanganika et de l'Uganda, ont rapidement fait évoluer leur Service Météorologique. Il y a respectivement 408, 300 et 117 stations pluviométriques dans chacun de ces territoires. Ce sont ces chiffres des précipitations mensuelles et journalières dans ces 825 stations qui font l'objet des publications mentionnées ci-dessus. Si des nécessités budgétaires ont contraint le Service Météorologique à recourir à la reproduction lithographique des tableaux de chiffres, leur présentation n'en est pas moins restée très élégante.

LEGRAND (H.). — **Mission hydrographique de l'Indochine (juin 1934-juin 1935).** *Ann. Hydr.*, 1937, 3^e série, t. 14, p. 159.

Ensemble de travaux effectués en Cochinchine (rivière de Saïgon, embouchure du Bassac, etc.), au Tonkin (Bach Lon Vi), en Annam (Thanh-Hoa, etc.).

* * *

PERRIER (G.) et TARDI (P.). — **Comité national français et Comité national marocain de Géodésie et Géophysique (années 1933-34-35-36),** (Compte rendu publié par le). Un vol. 16 × 24 cm, de 408 p. et 4 pl. géographiques.

Ce volume contient les comptes rendus des séances du Comité National français, les rapports et les travaux des sections (Géodésie, Séismologie, Météorologie, Magnétisme et Electricité terrestres, Océanographie physique, Volcanologie, Hydrologie scientifique), la composition du Comité, les travaux du Comité du Maroc, etc... Il est complété par 4 planches dont une donne la répartition des isanomaes de Bouguer pour la Chine Orientale, l'Indochine et Java.

* * *

Service Météorologique (Régence de Tunis). Année 1931. Un vol. 22 × 32 cm, de 175 p. Tunis, 1936.

On ne sait pas assez, même dans les milieux peu informés des questions météorologiques, que le service très remarquable de la Régence de Tunis, comporte 345 stations. Ce sont les relevés des températures, pluies, vents, humidités, etc, de ces stations, qui font l'objet de cet important volume.

* * *

ROUX (Georges). — **Annales du Service de Physique du Globe et de Météorologie de l'Institut Scientifique Chérifien, année 1934.** Un vol. 22 × 27 cm. de 96 p. (publié par les soins de M.). Rabat, 1938.

Le Service de Physique du Globe et de Météorologie du Maroc, qui, avec ses 180 stations, a conquis une place brillante parmi les organismes de cette spécialité, publié sous forme d'Annales, les observations relatives aux précipitations, températures, houles, tremblements de terre, etc. Les renseignements concernant l'année 1934, qui figurent dans ce volume, sont accompagnés notamment de cartes très expressives relatives aux températures et aux précipitations.

* * *

LACROIX (A.). — **Clipperton, îles de Pâques et Pitcairn. Esquisse lithologique.** *Ann. Inst. Océanographique*, 1939, tome XVIII, fasc. 4, p. 289.

Clipperton est un petit atoll à l'intérieur duquel se dresse un dôme volcanique constitué par rhyolitoïde. L'île de Pâques et Pitcairn sont deux pointements où dominent les laves à faciès basaltique et où se trouvent accessoirement des types leucocrates. Une étude détaillée des roches de ces trois îles montre que celles-ci, tout en se rattachant à la III^e série des roches infrapacifiques, possèdent une individualité propre.

* * *

GUYOT-LIBARELLI (A.) et SALMON (C.). — **Reconnaissance hydrographique de la Côte française des Somalis au nord d'Obock (7 décembre 1934-20 janvier 1935).** *Ann. Hydr.* 1937, 3^e série, t. 14, p. 187.

Les travaux entrepris comprennent la triangulation de toute la côte depuis la frontière italienne jusqu'à proximité de Djibouti, des sondes dans le détroit de Bab el Mandeb et l'étude des marées.

* * *

HUBERT (Henry). — **Sur l'origine africaine d'un cyclone tropical dévastateur dans la région de New-York.** *C. R. Ac. Sc.* 1939, t. 208, p. 456.

Le 21 septembre 1938, un cyclone tropical abordait la côte des Etats-Unis, à 60 kilomètres à l'Est de New-York. Il y causait la mort de 600 personnes et provoquait des désastres matériels pour plus de 250 millions de dollars. Le début de l'histoire de ce cyclone a pu être reconstitué depuis le 4 septembre. L'amarce du météore se trouvait alors dans la région de Bilma, à 12.000 kilomètres de la région dévastée.

* * *

KYRIAZOPOULOS (B.) et MARINOS (G.). — **Contribution à l'étude du phénomène de la gelée blanche.** *Praktika de l'Ac. d'Athènes*, 1938, 13, p. 406.

Les empreintes des cristaux de gelées blanches sur des feuilles de papier couché restent visibles après la fusion de ces cristaux. Alors que la plupart de ces empreintes accusent une symétrie hexagonale, il arrive cependant qu'un nombre important d'entre elles soient des croix dont les deux branches se coupent à angle droit, ou presque droit. Il y aurait ainsi deux types de glace différentes, l'un cristallisant dans le système hexagonal, l'autre dans le système cubique ou le système quaternaire.

L'Éditeur-Gérant : R. PINARDON.

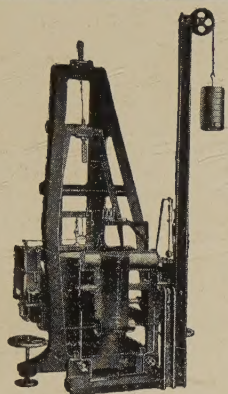


SOCIÉTÉ D'OPTIQUE et de MECANIQUE de HAUTE PRÉCISION

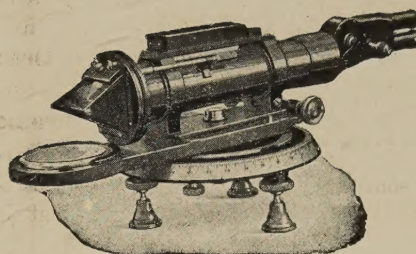
(Anciens Établissements LACOUR-BERTHIOT)

125 à 135, Boulevard Davout — PARIS (20^e)

Fournisseur des Ministères français et de nombreux Gouvernements étrangers

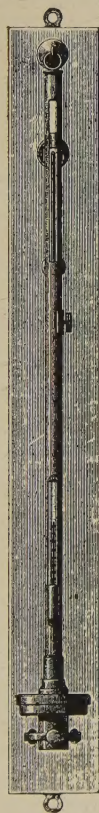


SISMOGRAPHE MAINKA
Plus de 20 Stations en service



ASTROLABE à prisme Claude-Driencourt
Plus de 50 Instruments en service

NOTICES ENVOYÉES FRANCO SUR DEMANDE



J. TONNELOT © I. P., A

Maison fondée en 1830

25, Rue du Sommerard. — PARIS

Fournisseur des Ministères. Observatoires français et étrangers

INSTRUMENTS DE PRÉCISION - POUR LA MÉTÉOROLOGIE -

BAROMÈTRE TONNELOT MODÈLE A LARGE CUVETTE
ET ÉCHELLE COMPENSÉE

BAROMÈTRES FORTIN TOUS MODÈLES

-: PLUVIOMÈTRES — ÉPROUVETTES -:

THERMOMÈTRES A MAXIMA, A MINIMA

FRONDE

PSYCHROMÈTRES — ÉVAPOROMÈTRES

Éditeurs : FELIX ALCAN, Paris - NICOLA ZANICHELLI, Bologna
AKADEMISCHE VERLAGSGESELLSCHAFT m. b. H., Leipzig - DAVID NUTT, London
G. E. STECHERT & Co., New York - F. KILIAN'S NACHFOLGER, Budapest - F. ROUGE & C^o, Lausanne
THE MARUZEN COMPANY, Tokyo.

1939

33^{ème} Année

REVUE INTERNATIONALE DE SYNTHESE SCIENTIFIQUE
Paraissant mensuellement (en fascicules de 100 à 120 pages chacun)

Directeurs : G. B. BONINO - F. BOTTAZZI - G. BRUNI
A. PALATINI - G. SCORZA

Secrétaire Général : Paolo Bonetti

“ SCIENTIA ,”

EST L'UNIQUE REVUE à collaboration vraiment internationale.

EST L'UNIQUE REVUE à diffusion vraiment mondiale.

EST L'UNIQUE REVUE de synthèse et d'unification du savoir, traitant par ses articles les problèmes les plus nouveaux et les plus fondamentaux de toutes les branches de la science : philosophie scientifique, histoire des sciences, enseignement et progrès scientifique, mathématiques, astronomie, géologie, physique, chimie, sciences biologiques, physiologie, psychologie, histoire des religions, anthropologie, linguistique ; articles constituant parfois de véritables enquêtes, comme celles sur la contribution que les différents peuples ont apportée au progrès des sciences ; sur la question du déterminisme ; sur les questions physiques et chimiques les plus fondamentales et en particulier sur la relativité, sur la physique de l'atome et des radiations ; sur le vitalisme. “ Scientia ,” étudie ainsi tous les plus grands problèmes qui agitent les milieux studieux et intellectuels du monde entier.

EST L'UNIQUE REVUE qui puisse se vanter de compter parmi ses collaborateurs les savants les plus illustres du monde entier.

Les articles sont publiés dans la langue de leurs auteurs, et à chaque fascicule est joint un Supplément contenant la traduction française de tous les articles non français. La Revue est ainsi entièrement accessible même à qui ne connaît que le français. (Demandez un fascicule d'essai gratuit au Secrétaire Général de “ Scientia ,” Milan, en envoyant trois francs en un seul timbre-poste de votre Pays, - à pur titre de remboursement des frais de poste et d'envoi).

ABONNEMENT : Fr. 400

Adresser les demandes d'abonnement pour la France et ses Colonies
à la Librairie Félix Alcan, 108, Boulevard Saint Germain. Paris VI

CHASSELON

5, rue Amédée Picard, Cachan (Seine)

Tél. Alésia 15-10

-: Fournisseur des Services Publics — Colonies — Marine :-
Service Géographique de l'Armée — Institut de Physique du Globe

Instruments de Précision pour la Géodésie, la Topographie

APPAREILS MAGNÉTIQUES POUR LA MESURE

:: :: DU CHAMP TERRESTRE :: ::

CERCLES D'ALIGNEMENT — TACHÉOMÈTRES

THÉODOLITES DE DÉCLINAISON AVEC SUPPORTS

-: POUR LA COMPOSANTE HORIZONTALE :-

BOUSSOLES D'INCLINAISON — THÉODOLITES

CATALOGUE FRANCO SUR DEMANDE

REVUE SCIENTIFIQUE

(REVUE ROSE)

-: fondée en 1863 :-

ILLUSTRÉE

Directeur : PAUL GAULTIER, membre de l'Institut

La Revue Scientifique est le seul périodique de langue française qui tienne ses lecteurs au courant, à la fois des plus hautes spéculations de la Science et des progrès incessants de l'Industrie.

Chacun de ses numéros contient :

des ARTICLES sur des questions générales, signés des savants les plus réputés ;
des NOTES et ACTUALITÉS, mine de renseignements classés méthodiquement ;

des NOUVELLES sur les Académies, Universités, etc. ;
les COMPTES RENDUS détaillés des séances de l'Académie des Sciences de Paris ;
une CHRONIQUE BIBLIOGRAPHIQUE.

La REVUE SCIENTIFIQUE paraît le 2^e et le 4^e samedi de chaque mois

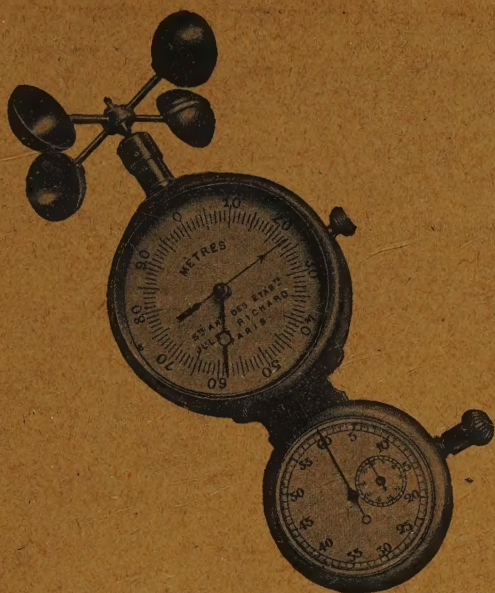
PRIX DES ABONNEMENTS :

PRIX DU NUMÉRO :

Un an : FRANCE, 90 fr. ÉTRANGER, 110 fr.
Six mois : FRANCE, 55 fr. ÉTRANGER, 66 fr.

FRANCE, 5 fr. ÉTRANGER, 6 fr.

PARIS, 3, rue Clément-Marot (8^e)



Société Anonyme des

Etablissements Jules RICHARD

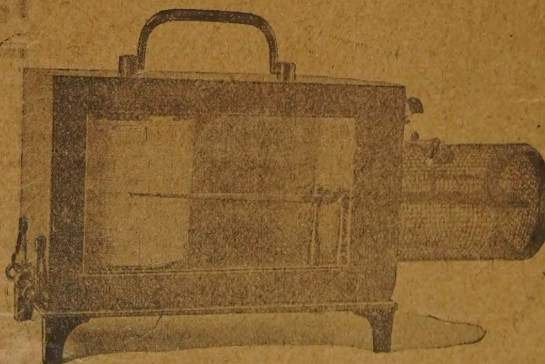
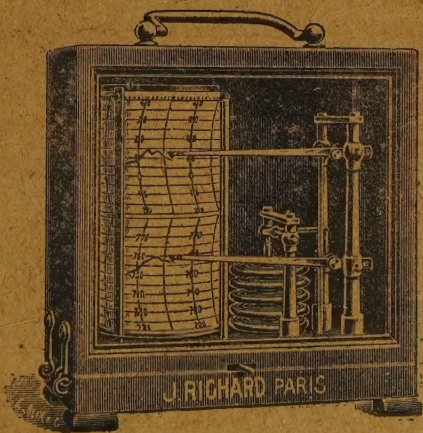
25, Rue Mélingue, PARIS (20^e)

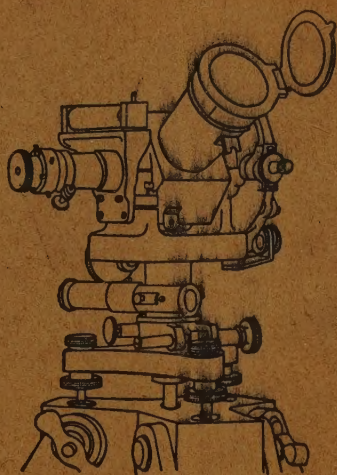
Tél. : Botzaris 88-80

Tél. : Botzaris 88-80

INSTRUMENTS DE PRÉCISION

Ψ Ψ de Mesure et de Contrôle Ψ Ψ
pour les Sciences et l'Industrie





A. BERTHELEMY ☉ - LORIEUX ✱ - PONTIUS ✱ et THERRODE ✱

Etab^{ts} Albert LEPETIT & C^{ie}

Société en commandite simple. Capital 4.000.000 de francs

Constructeurs

20, Rue Marie Debos, à Montrouge (Seine)

Tél. Alésia 26-37 et 26-38

Ad. tél. Ponrode Paris 14

Fournisseurs des Ministères des Colonies, de la Marine, du Service Géographique de l'Armée.

Instruments de Précision

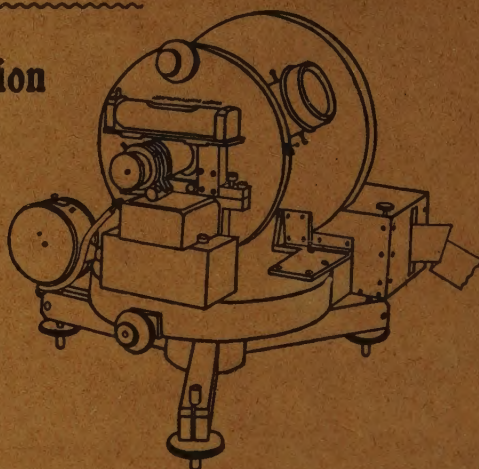
pour

— la Topographie, la Marine —
l'Aviation, la Météorologie, etc...

THÉODOLITES SIMPLES ET ENREGISTREURS
POUR LE REPÉRAGE DES BALLONS-SONDES

Catalogues franco sur demande

Rég. Comm. Seine 229-817B



ROSENMULLER DRESDEN

ANÉMOMÈTRES
POUR TOUTES VITESSES
(à partir de 0,02 m/sec.)

GIROUETTES

TUBES DE PITOT

MICROMANOMÈTRES

LAMBRECHT GÖTTINGEN

HYGROMÈTRES
PSYCHROMÈTRES

BAROMÈTRES

PLUVIOMÈTRES

EVAPOROMÈTRES

HÉLIOMÈTRES

A. OTT KEMPTEN

PLANIMÈTRES
INTÉGRAPHES
ANALYSEUR-HARMONIQUE

ENREGISTREUR
DE MARÉE ET DE HOULE

APPAREILS
POUR L'ÉTUDE
DES COURANTS D'EAU

J. BAROT

Représentant exclusif
pour la France et les Colonies

20, Rue de Varenne, PARIS (7^e)

Catalogues franco sur demande